

GÉOMORPHOLOGIE ET SOLS FERRALLITIQUES DANS LE CENTRE-CAMEROUN

par

D. MARTIN *

RÉSUMÉ

L'auteur regroupe dans cette étude les observations géomorphologiques qu'il a pu faire lors d'une étude pédologique dans le Centre Cameroun. Après avoir passé en revue les principales caractéristiques géographiques de la région étudiée, celle-ci est replacée dans le cadre géomorphologique plus vaste de l'Afrique centrale nord-équatoriale.

La différenciation de paysages homogènes basée sur des critères géomorphologiques (altitude et forme des interfluves, forme du réseau de drainage) et l'étude des principaux types de profils pédologiques reconnus dans la région ont permis la mise en évidence de deux surfaces d'aplanissement et la possibilité de mouvements tectoniques. Une étude de chaînes de sols sur divers types d'interfluves permet d'avancer quelques hypothèses sur le processus d'induration en milieu ferrallitique.

La possibilité de plusieurs types de paysages ferrallitiques, indurés ou non, comme on en trouve dans divers pays d'Afrique nord-équatoriale est mise en relation avec l'âge des surfaces d'aplanissement et les variations climatiques depuis leur mise en place.

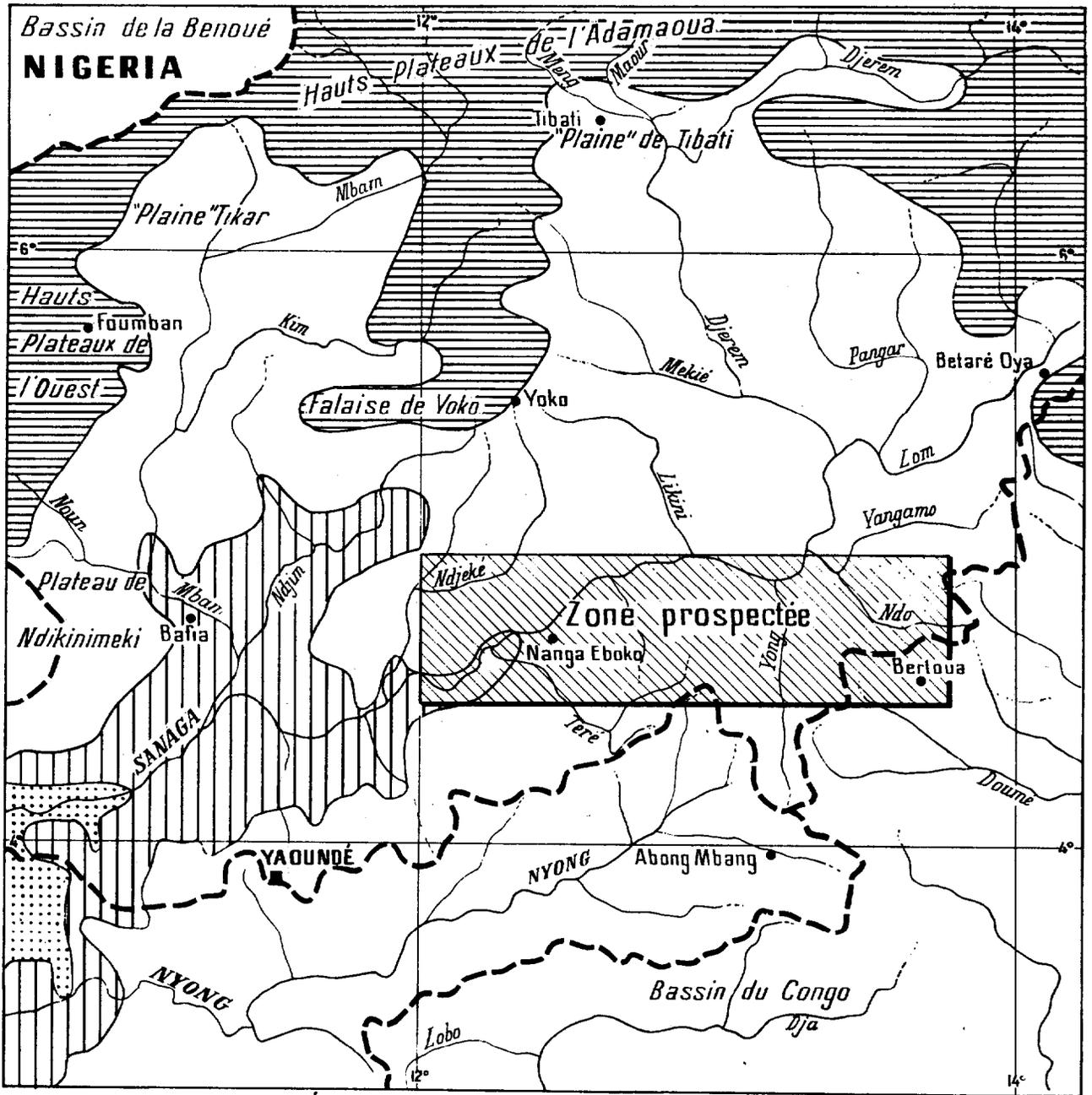
SUMMARY

In this study the author deals with the regrouping of geomorphologic observations which were done during his pedological study in Central Cameroon. After having revised the principal geographic characteristics of the studied country, this one is replaced in the more extended geomorphologic Central North-Equatorial Africa's frame.

Differentiation of homogeneous landscapes based on the geomorphologic tests (altitude and interfluves form, form of the drainage net) and the study of the principal types of profiles acknowledged in the country have given evidence of two levelling surfaces and the possibility of tectonic buildings. A study of the catenary complex on various types of interfluves allow to admit some hypotheses on the hardening in ferrallitic medium.

The possibility of several types of ferrallitic landscapes, indurated or non indurated, as one find them in different countries of North-Equatorial Africa is connected with the age of the levelling surfaces and the climatic variations since their setting up.

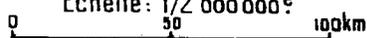
* Pédologue



GÉOMORPHOLOGIE HYDROGRAPHIE

Carte d'ensemble (Centre Cameroun)

Echelle: 1/2 000 000^e



- | | | | |
|---|--|---|---------------------------------------|
|  | < 300m. Peneplaines cotières |  | 600-900m. Peneplaines Centre Cameroun |
|  | 300-600m. Gradin intermédiaire (Vallée Sanaga) |  | > 900m. Peneplaines Ouest et Adamaoua |
- Limite de bassins

Fig. 1

- 1 - Introduction
- 2 - Caractéristiques générales
 - 2.1 - Climatologie
 - 2.2 - Géologie
 - 2.3 - Hydrographie
 - 2.4 - Végétation
- 3 - Place de la région dans la géomorphologie du Cameroun
- 4 - Géomorphologie régionale
 - 4.1 - Critères de paysage homogène
 - 4.1.1 - Altitude
 - 4.1.2 - Forme des interfluves
 - 4.1.3 - Autres critères
 - 4.2 - Caractérisation des paysages
- 5 - Pédologie régionale
 - 5.1 - Principaux types de sols ferrallitiques
 - 5.1.1 - Sol ferrallitique typique induré
 - 5.1.2 - Sol ferrallitique appauvri modal
 - 5.1.3 - Sol ferrallitique remanié
 - 5.1.4 - Sol ferrallitique pénévolué
 - 5.1.5 - Sol ferrallitique fortement désaturé de pente
 - 5.2 - Répartition locale
 - 5.2.1 - Paysage de plateaux indurés
 - 5.2.2 - Paysage de collines indurées
 - 5.2.3 - Paysage de collines non indurées
 - 5.2.4 - Paysage de collines complexes
 - 5.3 - Répartition régionale
 - 5.4 - Mise en place du niveau induré
 - 5.5 - Comparaison avec d'autres paysages ferrallitiques
- 6 - Conclusion
- 7 - Bibliographie

1 - INTRODUCTION

La cartographie pédologique au 1/200 000 d'une large bande du Centre Cameroun, associée à une étude plus détaillée (1/50 000) de zones témoins a permis d'aborder certains problèmes que posent les sols ferrallitiques, en particulier les relations qu'il y a entre la géomorphologie et le type et la répartition de ces sols. L'étude préalable, sur photographies aériennes et cartes topographiques au 1/50 000, avait obligé à utiliser comme principal facteur de différenciation des paysages des critères géomorphologiques englobant le système de drainage et la forme des interfluves. Aussi le but de cet article est-il, après avoir passé en revue les facteurs de la pédogénèse autres que la géomorphologie (climat, géologie, hydrographie, végétation), de replacer la région étudiée dans un cadre plus vaste (le Cameroun et l'Afrique centrale nord-équatoriale), puis d'étudier la géomorphologie régionale, et en particulier les critères de différenciation des paysages et les corrélations possibles avec la ferrallitisation et ses divers aspects ; au niveau le plus bas, celui des interfluves, l'étude de séquences de sols permettra d'avancer quelques hypothèses sur le processus d'induration en sol ferrallitique.

L'étude sur le terrain avait un but essentiellement pratique (étude de la répartition des sols et de leur valeur agricole) : aussi ne faut-il pas s'étonner parfois du manque de données, d'autant plus que l'épaisseur des sols ferrallitiques, ici particulièrement importante et aggravée par l'induration, est un obstacle à une observation facile en l'absence de grandes coupes artificielles.

Fig. 2

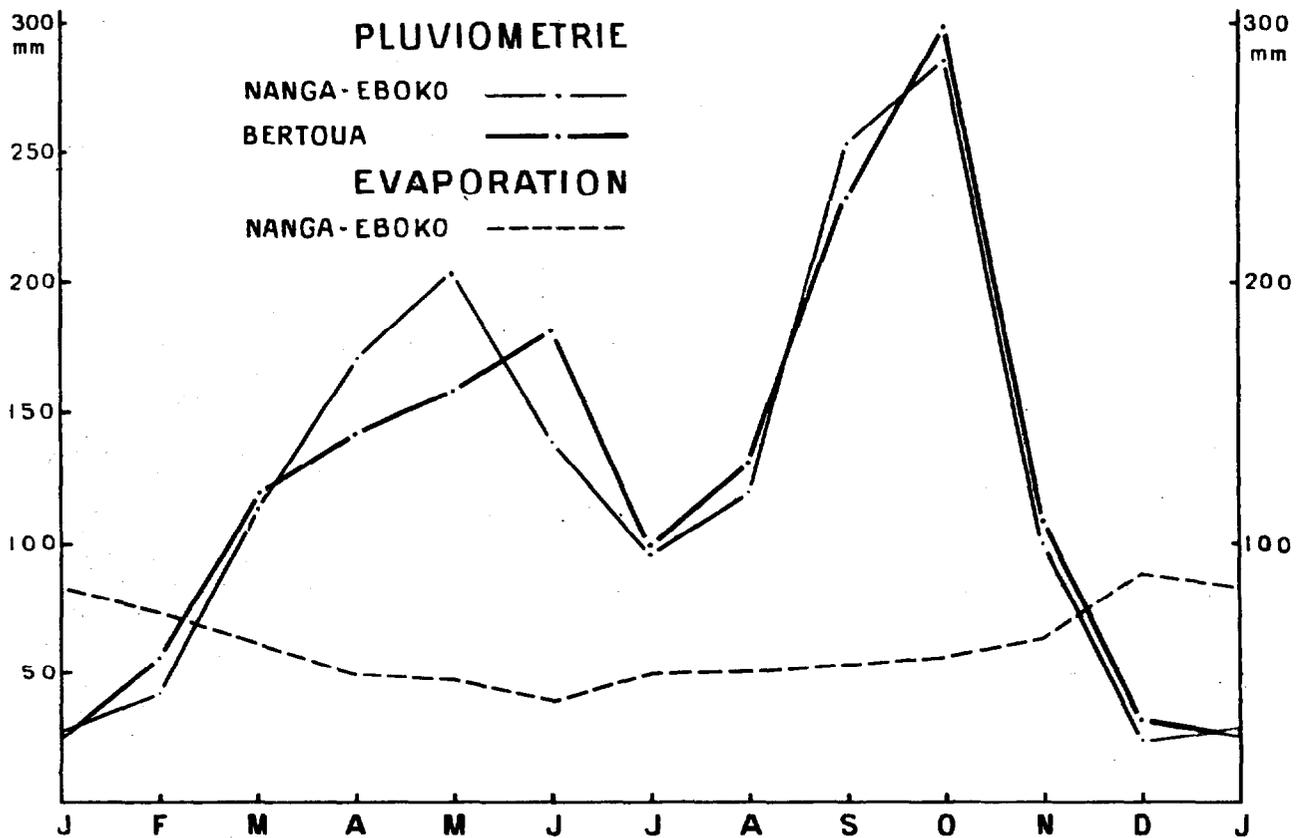
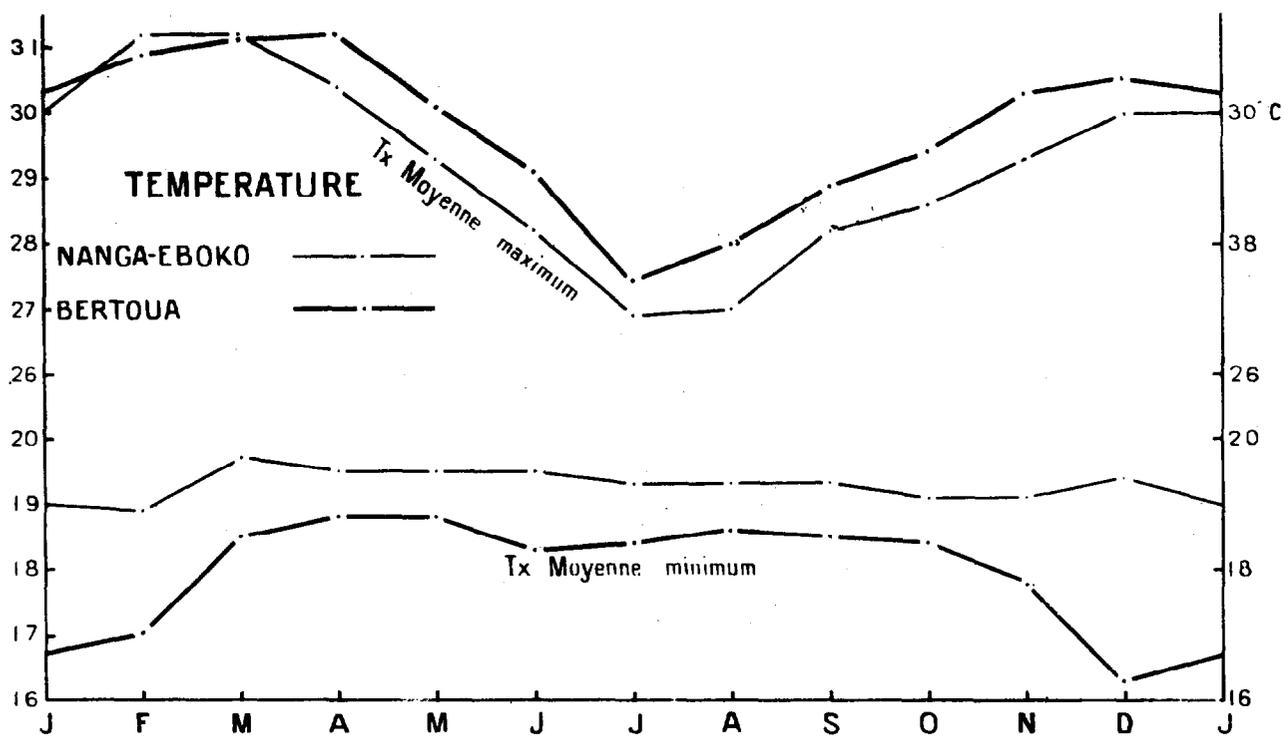


Fig. 3

2 - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

2.1 - Climatologie

Toute la région étudiée se situe dans la partie nord de la zone de climat sub-équatorial, de type guinéen forestier, variété haut-camerounien, dont les principales caractéristiques sont :

- pluviométrie de 1 500 à 1 600 mm, avec répartition de type sub-équatorial, mais minimum d'été peu prononcé : les mois les plus pluvieux sont septembre et octobre, et les moins pluvieux décembre et janvier (Figure 2) ;
- température moyenne de 23 à 25° : les maxima sont observés de février à avril ; on note les plus grandes amplitudes thermiques pendant la grande saison sèche de novembre à février ; les minima moyens ne descendent pas en dessous de 18° à Nanga-Eboko et 16°5 à Bertoua (Figure 3) ;
- nombre de jours de pluie compris entre 110 et 135 ;
- humidité relative moyenne comprise entre 70 et 85 %, avec des minima absolus entre 10 et 20 %, possibles de janvier à mars ;
- évaporation annuelle faible (770 mm à Nanga-Eboko) avec un maximum de 3,2 mm/jour en février (Figure 3) ;
- insolation de 1 700 à 1 800 heures/an.

Un examen superficiel pourrait faire croire à l'homogénéité du climat de la région : il n'en est cependant rien. Il faut noter en particulier une tendance à l'accentuation des caractères tropicaux du climat, quand on passe de Nanga-Eboko à Bertoua, c'est-à-dire quand on s'éloigne de la mer vers l'intérieur du continent. Cette tendance est surtout visible sur le graphique Température (fig. 6) : l'écart moyen mensuel des températures qui n'est que de 7° à 12° à Nanga-Eboko passe à 9 à 14° à Bertoua ; malgré l'altitude identique des deux postes les maximums moyens sont plus élevés à Bertoua, tandis que les minimums y sont plus faibles d'au moins 1° et même de 2° en saison sèche.

Cette tendance tropicale n'est pas visible sur le graphique Pluviométrie (fig. 7) et l'absence de données ne permet pas de l'étendre à l'évaporation, au nombre de jours de pluies et à l'intensité de celles-ci. Il n'en reste pas moins qu'au cours des oscillations climatiques quaternaires et antérieures, la partie est de la région, plus continentale, bénéficiait rapidement des influences tropicales, dès que celles-ci s'accroissaient dans la zone nord-équatoriale, avec toutes les conséquences que cela implique sur le drainage et l'hydromorphie, l'accumulation de sesquioxides et le cuirassement, les changements de végétation et l'érosion superficielle.

2.2 - Géologie

Les formations géologiques de la région étudiée appartiennent toutes au socle ancien, si fréquent en Afrique et qui occupe plus des trois-quarts du Cameroun. La région est à la limite des formations granitiques, qui occupent la plus grande partie de l'Adamaoua, et de la série métamorphique ancienne de Nanga-Eboko (GAZEL, GERARD 1954, GAZEL 1955, et Figure 4).

Les granites syntectoniques anciens sont représentés au nord de la région et en occupent toute la partie est, approximativement à partir du Yong.

Les roches métamorphiques de la série de Nanga-Eboko constituent le substratum de tout le centre et l'ouest de la région : toute la formation est fortement plissée et les pendages sont très variables. Presque tous les termes de la série sont représentés : micaschistes à deux micas, souvent à grenats ; embréchite à deux micas ou à biotite seule. Toutes ces formations peuvent se char-

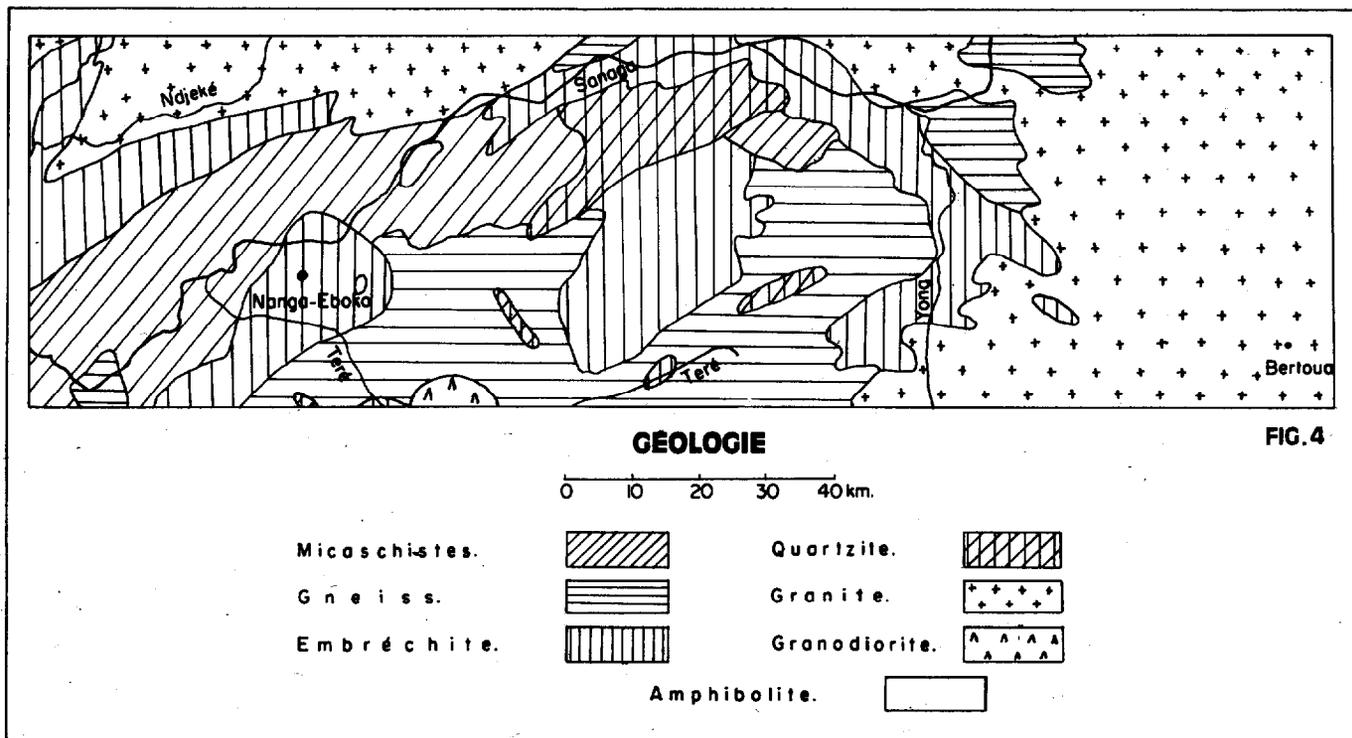


FIG.4

ger de quartz et donner des quartzites plus ou moins franches. Les amphibolites sont fréquentes, mais en massifs de faible étendue.

L'intensité et la profondeur de l'altération font que les affleurements rocheux sont peu fréquents et même parfois inexistants (aucun affleurement visible sur 10 000 ha étudiés au 1/50 000), aussi ne peut-on jamais savoir si les affleurements visibles ne doivent pas leur existence à leur texture ou à leur composition chimique particulière.

Cependant, toutes ces roches paraissent avoir une composition chimique et une vitesse d'altération identiques, si bien que la géologie n'a qu'un rôle très réduit dans l'explication géo-

différentes du fonds "granito-gneissique" mésocrate comme les quartzites et les amphibolites donnent naissance à un relief particulier, mais toujours limité en étendue.

Le tableau 1 donne la composition chimique de quelques roches prélevées dans la région.

Tableau 1

	BER 1 Granite	NGB 1 Micaschistes à grenats	NGB 2 Micaschistes feldspathiques	NGB 3 Granite
H ₂ O	0,7	1,7	1,8	0,5
SiO ₂	61,5	64,8	66,0	66,6
FeO	4,5	5,4	2,9	2,2
Fe ₂ O ₃	0,9	2,5	1,8	1,6
TiO ₂	0,2	0,1	0,1	0,15
P ₂ O ₅	0,3	0,2	0,2	0,1
Al ₂ O ₃	18,8	16,8	17,0	16,1
CaO	3,7	1,9	1,3	2,4
MgO	1,8	2,5	1,4	1,4
K ₂ O	3,6	1,9	4,1	4,3
Na ₂ O	3,8	1,7	3,0	4,1

2.3 - Hydrographie

La région étudiée appartient presque exclusivement au bassin de la Sanaga : elle n'empiète que légèrement sur le bassin du Congo, par l'intermédiaire de la Doumé, et sur le bassin du Nyong (Figure 1).

Parmi les principaux affluents de la Sanaga, il faut noter la Ndjéké et le Djiou, dont les bassins s'étendent, surtout en savanes, jusqu'à la falaise de Yoko et dont les larges vallées présentent un système de terrasses.

La Téré, autre affluent important, a bénéficié de capture aux dépens du Nyong. En effet, dans la région qui nous intéresse, la Sanaga et le Nyong ont un cours à peu près parallèle à 100 km de distance, mais la Sanaga est à une altitude comprise entre 560 et 600 m, a une pente notable (30 à 40 cm/km) et des débits de crue élevés (2 500 à 3 700 m³/s à Nanga-Eboko), tandis que le Nyong est à 640-660 m, a une pente beaucoup plus faible (5 à 10 cm/km) et des débits maximums de 200-300 m³/s. Il en résulte un surcreusement du bassin de la Sanaga, peut-être accentué par un mouvement tectonique de faible amplitude sous forme d'un gondolement dont la Sanaga occuperait un creux et le Nyong un sommet (cymatogénèse de KING, 1961).

Toutes les vallées, à part la Sanaga et ses principaux affluents, sont caractérisées par leur faciès franchement marécageux. L'intensité du phénomène est très variable et peut servir à caractériser le paysage. Elle est particulièrement forte dans le nord-ouest de la région où les vallées de premier ordre peuvent avoir 200 à 250 m de large et les vallées de deuxième ordre atteignent 500-600 m. Ces marécages remontent d'ailleurs le plus souvent jusqu'à la tête de source : celles-ci ont un aspect particulier, que l'on pourrait appeler en "auge évasée" et qui paraît caractéristique des paysages ferrallitiques aplanis. Ces têtes de source sont entièrement façonnées dans le sol meuble : les affleurements de rochers ou de cuirasses y sont rares, et l'eau sort strictement au niveau du bas-fond plat et marécageux.

La figure 5 montre divers aspects de ces têtes de sources selon la dénivellation entre base et sommet des collines qui les entourent.

Dans les zones à forte dénivellation (60 à 80 m), ces têtes de source peuvent être alimentées par des rigoles ou petits ravins en forte pente (souvent de l'ordre de 45°) creusés dans le sol meuble : ces rigoles sont plus fréquentes en savane qu'en forêt. Quand la dénivellation s'accroît

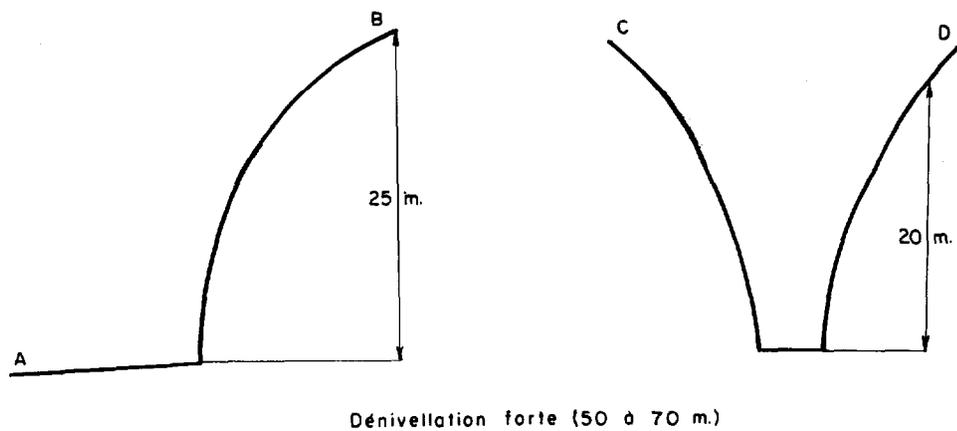
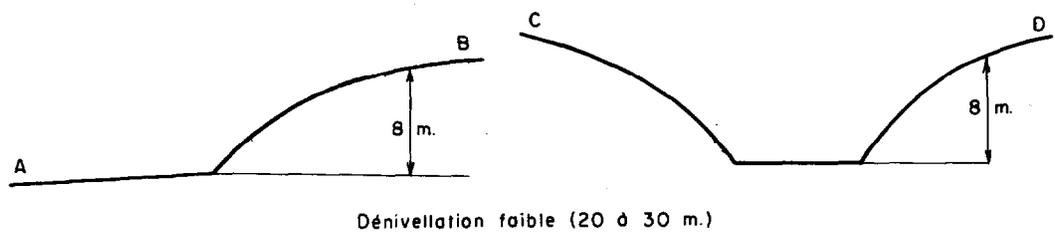
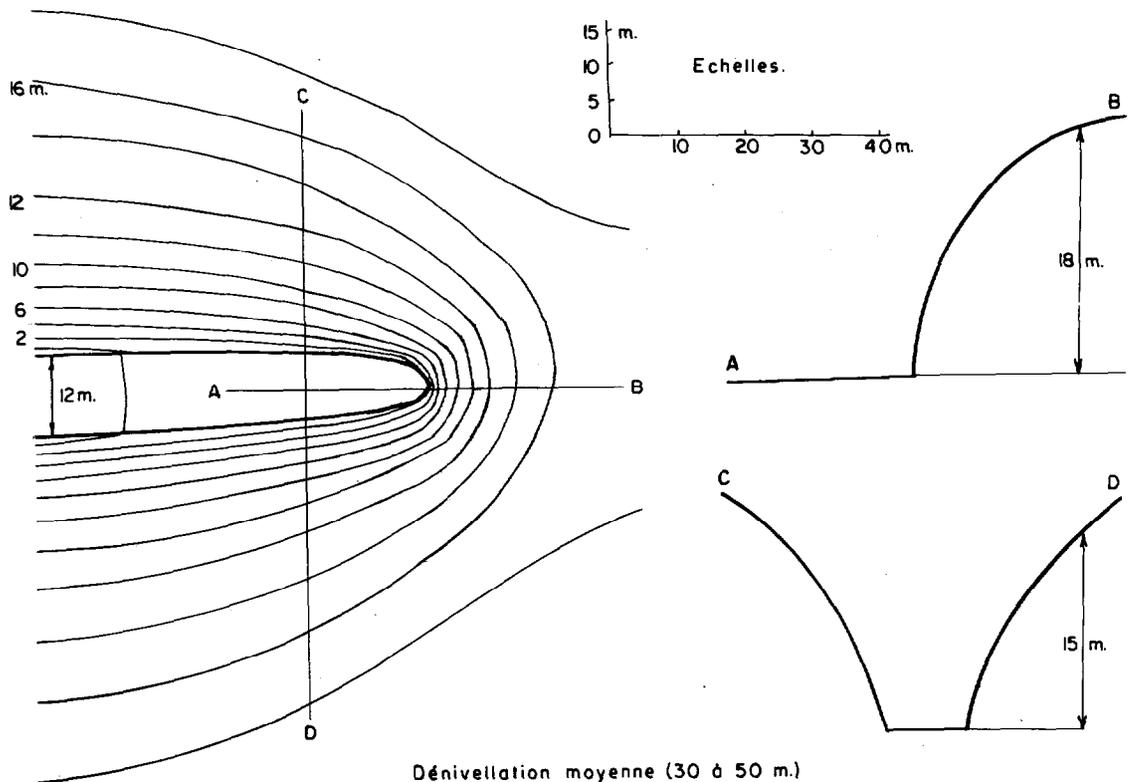


FIG.5 Aspect des têtes de source en auge évasée

encore (80 à 100 m), les vallées de premier ordre se rétrécissent fortement, perdent leur caractère marécageux et ont un fond rocheux ou caillouteux.

Le réseau hydrographique est toujours bien hiérarchisé malgré la lenteur apparente de l'écoulement dans les vallées marécageuses. Sa densité est assez constante et n'augmente nettement que dans les zones accidentées. La largeur des interfluves est au maximum de 1 500-1 800 m en zone fortement aplanie et au minimum de 500 m dans les zones accidentées : une largeur d'interfluve de 1 200 m est un chiffre moyen et courant.

La forme du réseau de drainage présente des aspects variables et souvent caractéristiques d'un paysage. La forme de réseau la plus fréquente est de type dendritique : les vallées de premier ordre peuvent lui donner une tendance plus parallèle ou plus rectangulaire. Dans les régions accidentées le réseau a une forme rectangulaire ou "contournée".

Les extraits de cartes (Figures 6 et 7) montrent bien ces variations dans l'allure du réseau de drainage :

Figure 6 : passage du nord au sud d'un réseau dendritique à tendance parallèle très ennoyée à un réseau dendritique à tendance rectangulaire.

Figure 7 : trois formes de réseau de drainage se succèdent du nord au sud : dendritique à tendance parallèle assez ennoyée ; rectangulaire et contournée, peu marécageux dans une zone accidentée ; typiquement rectangulaire à vallée ennoyée.

2.4 - Végétation

La région est située dans la zone de transition forêt-savane, mais ici la limite de ces formations est très irrégulière et ne paraît pas obéir au critère climatologique normal (accentuation de la saison sèche vers le nord et l'est), mais être en grande partie sous la dépendance prépondérante de l'influence humaine aussi bien pour la déforestation que pour la reforestation.

Les massifs forestiers les plus importants se trouvent à l'ouest et nord-ouest de Bertoua ainsi qu'au sud de Minta.

D'après LETOUZEY (1958, 1966) il s'agit d'une forêt dense humide semi-décidue à Sterculiacées et Ulmacées dont les espèces les plus caractéristiques sont divers *Celtis*, *Holoptelea grandis*, *Triplachiton scleroxylon*, *Sterculia rhinopetala*, *Mansonia altissima*, *Pterygota macrocarpa*, divers *Cola*, ainsi que *Terminalia superba*.

Partout ailleurs, on ne trouve qu'une végétation forestière, soit de forêt dégradée par les défrichements avec jachères forestières à tous les stades de reconstitution, soit de forêts et brousses forestières de reconstitution récente à partir de la savane. Ces reforestations sont nettement visibles dans toute la région aussi bien en zones habitées à partir des champs cultivés en savane ou des emplacements d'anciens villages que dans les zones inhabitées. Les principales espèces de reforestation sont *Musanga cecropioides*, *Alchornea cordifolia*, *Anthocleista schweinforthii*, *Chlorophora excelsa*, *Fagara macrophylla*, *Albizia ferruginea*, *A. zygia*, *A. glaberrima*, *A. adianthifolia*, *Vernonia conferta*, *Ficus mucosa*, *Xylopia aethiopica*, *Markhamia sp.*, *Myrianthus arboreus*, *Polyscias fulva*.

Les savanes sont réparties très irrégulièrement dans toute la région : elles sont souvent très ouvertes (très peu d'arbres et d'arbustes) dans la partie sud et autour de Bertoua, mais peuvent être au contraire très densément arborées dans la partie nord (entre Kaa et Nsem). Les principales espèces d'arbres rencontrés sont *Bridelia ferruginea*, *Crossopteryx febrifuga*, *Hymenocardia acida*, *Annona senegalensis*, *Piliostigma thonningii*, *Albizia spp.*, *Ficus capensis*, *Psorospermum febrifugum*, *Naucclea latifolia*. *Terminalia glaucescens*, qui peut atteindre 10-12 m de haut et former des peuplements denses, n'a été observé qu'au nord d'une ligne Bisaga-Kaa-Njombé-Nsem. La graminée dominante des savanes non récemment cultivées est *Hyparrhenia*, en particulier *Hyparrhenia rufa*.

La reforestation actuelle paraît suivre une période de savanisation peut-être très récente (150 à 200 ans), qui aurait été causée par l'arrivée dans la région de populations relativement nomades, non habituées à l'agriculture de forêt, en déplacement constant par suite de guerres tribales et qui auraient effectué d'importants défrichements ; l'ethnographie n'a cependant pas encore apporté de preuves suffisantes en ce domaine pour asseoir définitivement une telle opinion.

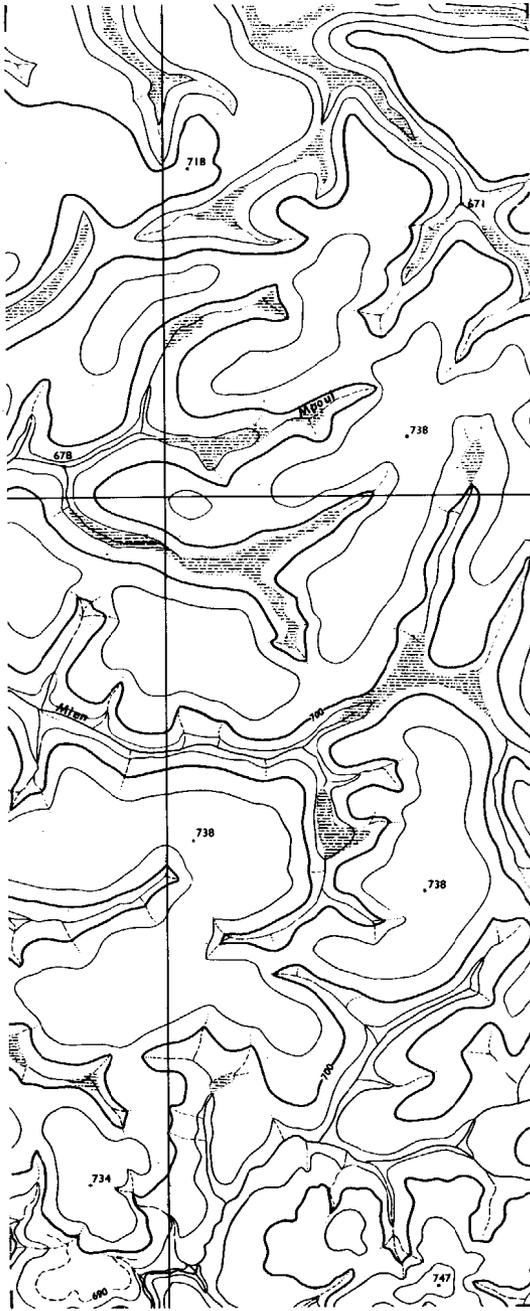


Fig. 6

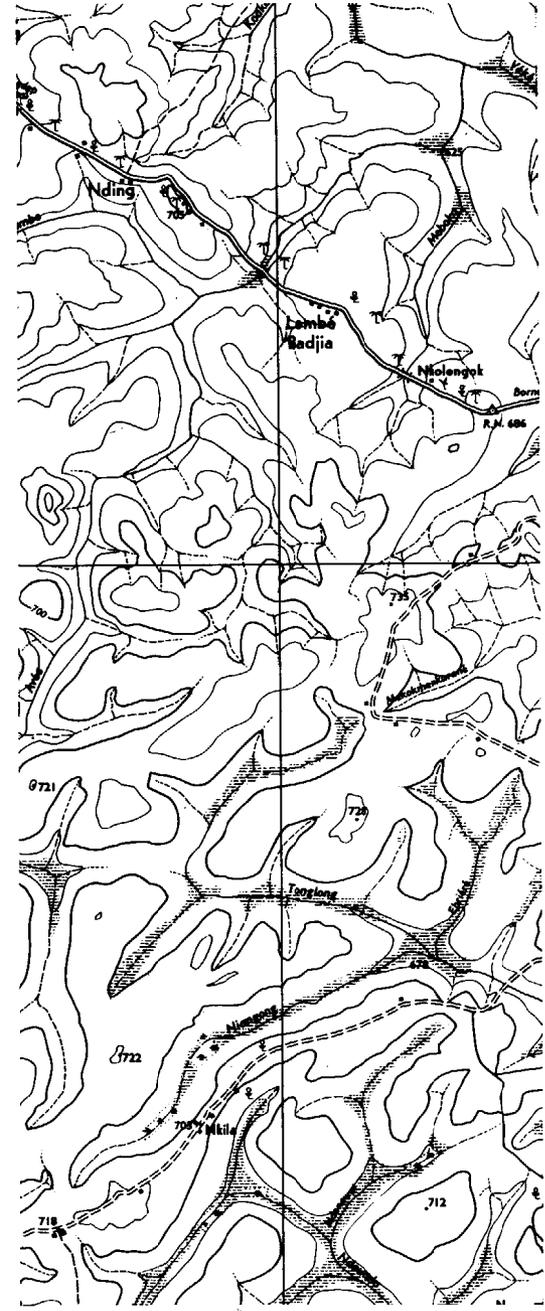


Fig. 7

Quant aux changements de végétation au cours du tertiaire et quaternaire, ils sont encore très hypothétiques. Les botanistes semblent partisans d'un retrait de la forêt jusque vers une zone refuge au niveau du sud-ouest Cameroun, Guinée équatoriale et nord Gabon, mais cette phase n'est pas encore datée.

3 - PLACE DE LA RÉGION DANS LA GÉOMORPHOLOGIE DU CAMEROUN

Dans ce même numéro des Cahiers, P. SEGALEN fait une mise au point sur la géomorphologie du Cameroun et ses conclusions seront utilisées ici.

L'altitude de la région varie de 560 à 800 m, 906 m pour la plus haute colline rocheuse ; la Sanaga qui la traverse du nord-est au sud-ouest passe de 620 à 560 m. Aucun accident topographique majeur (de l'ordre de 200 m ou plus) n'affecte la région qui est entièrement constituée d'une succession de collines de hauteur et forme variables. La plus forte différence de niveau entre sommet de colline rocheuse et axe de drainage voisin est de 150 m. Quand le sommet de collines n'est pas rocheux, cette différence de niveau ne dépasse jamais 100 m, et peut s'abaisser à 25-30 m dans les secteurs les plus aplanis. Aussi, sans tenir compte du relief de détail toujours ondulé, et que nous savons propre aux sols ferrallitiques, la région présente les caractéristiques d'un relief d'aplanissement. Cette hypothèse se renforce quand on peut observer le paysage d'un point élevé : c'est une succession de croupes plus ou moins disséquées dont les sommets ont des altitudes voisines. Cette impression se confirme quand on consulte la carte topographique au 1/200 000 : toute la région fait partie d'une seule et même surface d'aplanissement.

Par comparaison avec les pays voisins et confrontation de toutes les données bibliographiques relatives à la géomorphologie de cette partie d'Afrique, P. SEGALEN est arrivé à la conclusion que la vaste zone du centre et sud Cameroun comprise entre les altitudes 600 et 800 m fait partie de la surface dite africaine I, dont l'aplanissement aurait commencé au tertiaire (essentiellement à l'éocène). La carte (Figure 1) montre que cette surface du Centre Cameroun est située entre la surface de l'Adamaoua (post-gondwanienne) entre 900 et 1 000 m et une surface intermédiaire entre 400 et 600 m obtenue par déblaiement de tous les matériaux de la surface africaine I dans les secteurs occupés par les vallées de la Sanaga et du Mbam (zone en cours d'étude et où les sols sont nettement différents). Dans la région étudiée, le petit secteur d'altitude plus élevée du nord-est de la carte peut être considéré comme une surface intermédiaire entre les surfaces post-gondwanienne et africaine I.

4 - GÉOMORPHOLOGIE RÉGIONALE

Si, à l'échelon du Cameroun, la géomorphologie s'étudie sur les cartes au 1/200 000, à l'échelon de la région étudiée l'existence de photographies aériennes et de cartes topographiques au 1/50 000 a permis d'effectuer une analyse plus détaillée et de procéder à un découpage de la région en paysages homogènes.

4.1 - Critères de paysages homogènes

4.1.1 - ALTITUDE

Le moutonnement de collines décelé sur la carte au 1/200 000 n'est pas parfaitement régulier. La présence de la Sanaga introduit tout d'abord une diminution graduelle de l'altitude d'amont

en aval, ce qui est normal, mais nous observons, de plus, des sautes d'altitude affectant tout un secteur. Ces observations nous ont conduit au découpage de la figure 8 où la surface d'aplanissement primitive est divisée en un certain nombre de surfaces élémentaires d'altitude croissante. Nous avons ainsi distingué six niveaux : moins de 630 m, 630-690 m, 670-720 m (niveau composite), 690-750 m, 750-780 m et un niveau plus complexe 750-850 m.

Le passage d'un niveau à un autre peut se faire de deux façons : soit graduellement, et il s'agit alors d'une diminution normale de l'altitude dans un bassin fluvial, soit par un saut brusque de l'altitude, auquel cas il faudra faire intervenir un autre processus.

Nous citerons trois cas :

- au nord de la Sanaga, au niveau de Nanga-Eboko, on passe brusquement de collines d'altitude voisine de 670-690 m à des collines à 620-630 m ;
- à l'est de Nanga-Eboko, un paysage complexe entre 750 et 850 m d'altitude domine des surfaces comprises entre 650 et 690 m : la dénivellation peut atteindre par endroits 50 à 70 m et être assez brutale pour figurer une petite falaise ;
- à l'extrême nord-est, passage d'un niveau 750-780 m à une surface beaucoup plus haute et plus accidentée (750-850 m).

Le moutonnement des collines est parfois interrompu par des reliefs anormaux (ou résiduels) : ces reliefs se présentent sous la forme d'un "mont" de 40 à 150 m d'altitude relative. Ce mont n'est jamais très étendu (100 à 300 ha) et sa forme est directement liée à la roche-mère particulière qui lui a presque toujours donné naissance : forme linéaire pour les quartzites, forme circulaire pour les amphibolites.

4.1.2 - FORMES DES INTERFLUVES

- Colline en demi-orange

La forme classique des interfluves dans toute la région étudiée est la colline en demi-orange, caractérisée par son profil entièrement convexe. La figure 11 montre deux coupes de ces collines selon leur hauteur relative. On notera que pour les collines à forte dénivellation, la pente au-dessus du bas-fond peut atteindre et dépasser 45°.

La figure 13 montre un paysage de collines en demi-oranges à fortes dénivellations sous forêt, tandis que dans la partie supérieure de la figure 6 les dénivellations sont beaucoup moins fortes.

Ce n'est que dans le paysage très aplani du nord-ouest, ainsi que parfois autour de Bertoua, que la colline en demi-orange se modifie pour prendre un profil légèrement concave en bas de pente, et encore ce type de profil n'est-il pas complètement généralisé.

- Plateau

La morphologie de plateau vient en deuxième position comme forme d'interfluve : elle est bien représentée à l'est du 13°E, où elle occupe à peu près la moitié de la superficie à égalité avec la colline en demi-orange. On retrouve quelques plateaux au nord-ouest de la région de chaque côté de la vallée de la Ndjeké.

Les plateaux peuvent présenter des dénivellations variables : 30 à 90 m. Leur sommet est aplani ou légèrement bombé, la rupture de pente n'est jamais très nettement marquée, les pentes qui les rattachent aux bas-fonds sont plus ou moins raides et peuvent approcher de 45°. En bas de pente, le profil reste généralement convexe, plus rarement aplani et légèrement concave.

Un bel exemple de paysage de plateau est donné par la figure 14.

- Forme complexe

Les interfluves de type colline ou plateaux représentent des formes simples, que l'on peut supposer d'origine morphogénétique simple. L'exemple de la figure 12 nous montre la possibilité de formes plus compliquées, pour lesquelles il faudra faire intervenir plusieurs processus morphogénétiques.

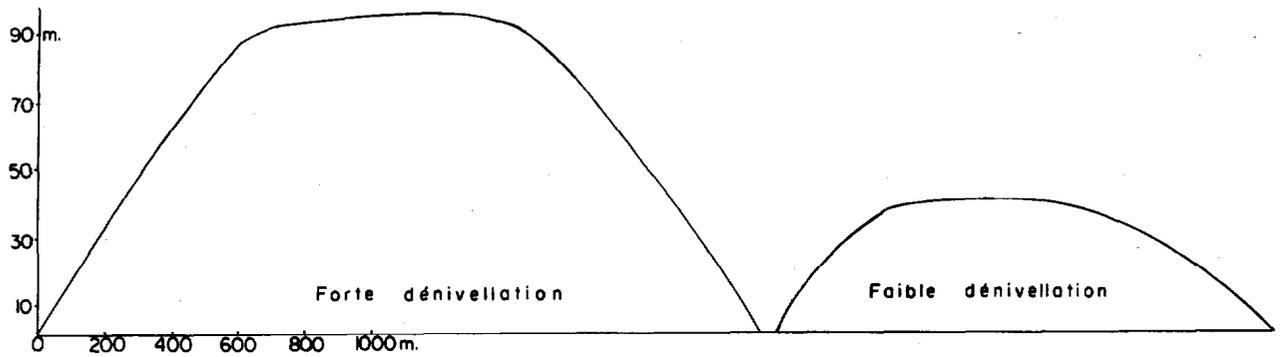


FIG.10 Plateaux

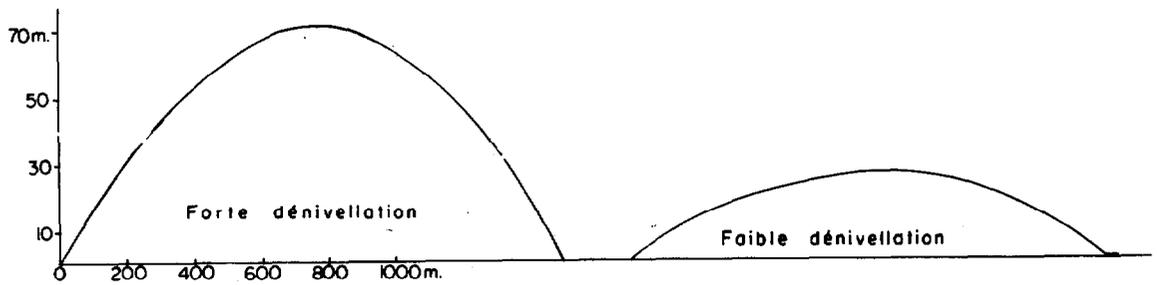


FIG.11 Collines en demi oranges

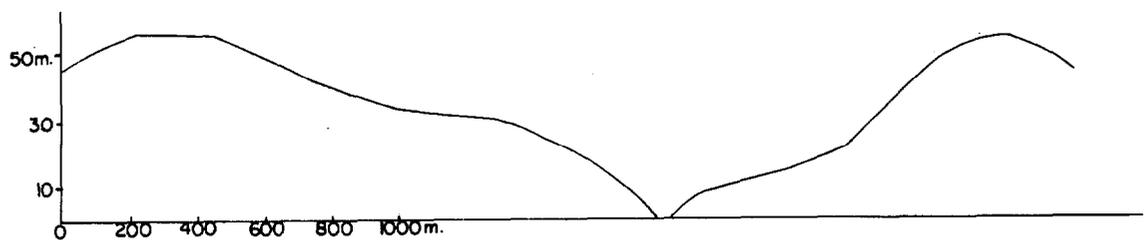


FIG.12 Collines complexes

Sont généralement associés dans cette forme d'interfluve de petits plateaux, des replats en pente douce et des bas de pente à profil convexe ou concave.

4.1.3 - AUTRES CRITÈRES

Comme autre critère utilisable, il faut noter le système de drainage (voir 2.3) et le caractère plus ou moins marécageux des vallées. La végétation, forêt ou savane, est également utilisable, mais, en raison de l'influence humaine, sa signification est beaucoup moins probante.

4.2 - Caractérisation des paysages

La carte des paysages (Figure 15) a ainsi pu être réalisée, avant même le passage sur le terrain, en utilisant les critères suivants : système de drainage, altitude moyenne du sommet des collines, forme des interfluves, végétation. A titre d'exemple nous donnerons les définitions retenues pour les principaux paysages.

- Paysage A (voir Figure 6, partie nord)

- Système de drainage dendritique à tendance parallèle ; vallées de tout ordre marécageuse.
- Collines assez monotones, entre 600 et 630 m, à pente faible à moyenne, et relief régulier.
- Raphiales, galeries forestières et savanes.

- Paysage B (voir Figure 6, partie sud)

- Système de drainage dendritique à tendance rectangulaire ; vallées de premier ordre, étroites.
- Collines entre 630 et 690 m, de pente moyenne à forte, et relief régulier.
- Savanes et forêts.

- Paysage D (voir Figure 7, partie nord)

- Système de drainage assez nettement dendritique ; vallées principales larges et marécageuses.
- Collines de pente variable, à relief régulier ; altitude 650-680 m.
- Savanes et galeries forestières.

- Paysage G (voir Figure 7, partie sud)

- Système de drainage rectangulaire ; vallées de premier ordre larges et marécageuses.
- Dominance de plateaux d'altitude 720-740 m ; dénivellation de 40 à 60 m ; relief régulier.
- Savanes et galeries forestières.

- Paysage H

- Système de drainage difficile à caractériser, le plus souvent contourné à rectangulaire ; vallées étroites, encaissées et non marécageuses.
- Collines de formes très variables entre les altitudes 750 et 850 m. Affleurements rocheux.
- Forêts exclusives en dehors des dômes rocheux.

- Paysage P (voir Figure 14)

- Système de drainage à tendance dendritique, grands axes souvent parallèles. Largeur des vallées et présence de marécages très variables.
- Plateaux typiques d'altitude 700-740 m, se raccordant rapidement aux fonds de vallées.
- Forêt exclusive.

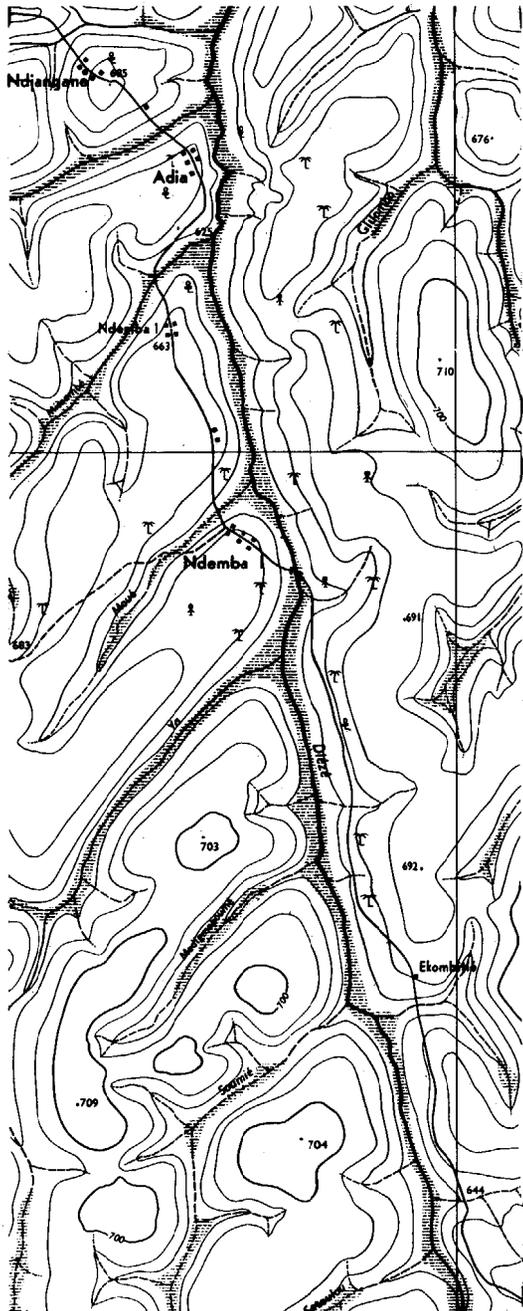


Fig. 13



Fig. 14

Ce travail préliminaire de caractérisation et de délimitation des paysages a été très utile pour le choix de régions-témoins à cartographier en détail et a permis d'orienter le travail de terrain en axant l'étude des différents paysages sur les zones les plus facilement accessibles. Les corrélations entre paysages et unités pédologiques et géomorphologiques sont assez bonnes, comme on peut s'en rendre compte en comparant les cartes des figures 9 et 15.

5 - PÉDOLOGIE RÉGIONALE

5.1 - Principaux types de sols ferrallitiques

En dehors des sols peu évolués et des sols hydromorphes de la vallée de la Sanaga et de tous les bas-fonds qui ne seront pas étudiés, tous les sols de la région appartiennent à la classe des sols ferrallitiques. Le nombre de types de profils caractéristiques est très réduit et quelques-uns seront décrits et étudiés rapidement.

5.1.1 - GROUPE TYPIQUE. SOUS-GROUPE INDURÉ (Sous-classe moyennement désaturée)

C'est le type de profil le plus fréquent et qui représente la succession classique d'horizons suivante (voir Figure 16, profil 1).

0 - 10 cm	Horizon A ₁ humifère, brun, argilo-sableux, bien structuré.
10 - 70 cm	Horizon B meuble, rouge, argileux, peu structuré et friable.
70 - 170 cm	Horizon induré à dominance de gros blocs de cuirasse vacuolaire entourés de gravillons plus ou moins patinés.
170 - 420 cm	Disparition des blocs cuirassés : gravillons et concrétions de diamètre décroissant en profondeur de 3-5 cm à 1-2 cm.
420 - 520 cm	Concrétions plus ou moins durcies dans terre rouge.
520 - 910 cm	Horizon de forte altération de la roche-mère, sans structure et friable.

L'épaisseur de l'horizon meuble est très variable, le plus souvent comprise entre 1 et 4m, elle peut atteindre 7 m : sa couleur varie de rouge à ocre. L'horizon induré se présente rarement sous la forme de dalle cuirassée continue, mais sous l'aspect de gros blocs entourés de gravillons et concrétions. L'épaisseur de cet horizon est toujours supérieure à 1,5 m et peut dépasser 4 m. La présence d'un horizon tacheté sous l'horizon induré est fréquente mais non constante. L'horizon d'altération est toujours très épais et difficilement mesurable : on n'atteint la roche saine que dans de rares cas particuliers.

L'épaisseur du profil, et la présence de l'horizon induré qui a pu subir des remaniements ou des dislocations plus ou moins importantes, sont l'indice d'une histoire pédologique longue et complexe. Cette impression ne peut que se confirmer quand on examine les principales caractéristiques physico-chimiques du sol : texture argileuse, faible capacité d'échange en liaison avec la présence de kaolinite associée à la goéthite, absence de réserves minérales.

5.1.2 - GROUPE APPAUVRI. SOUS-GROUPE MODAL (Sous-classe moyennement désaturée)

Le type de profil suivant est moins bien représenté mais sa signification géomorphologique est importante (voir Figure 16, profil 2).

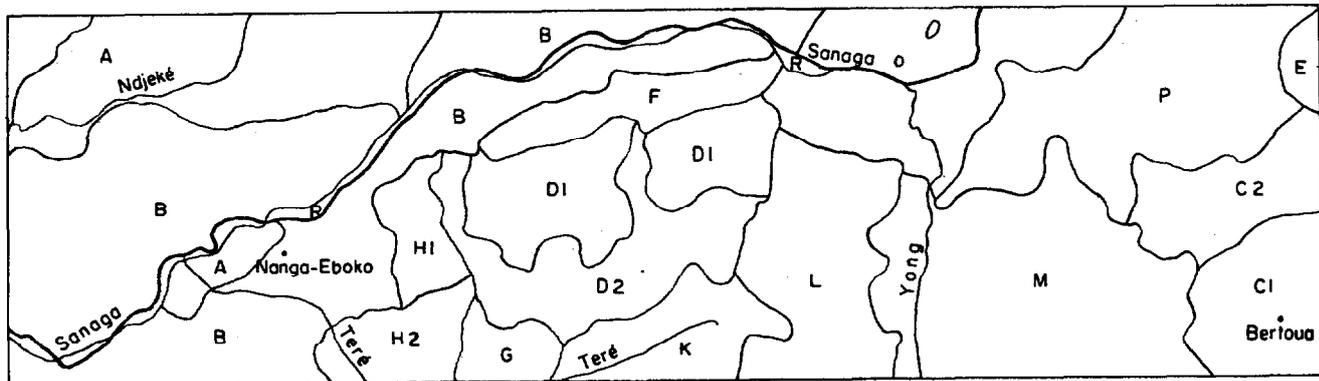


FIG. 15.- Carte des paysages

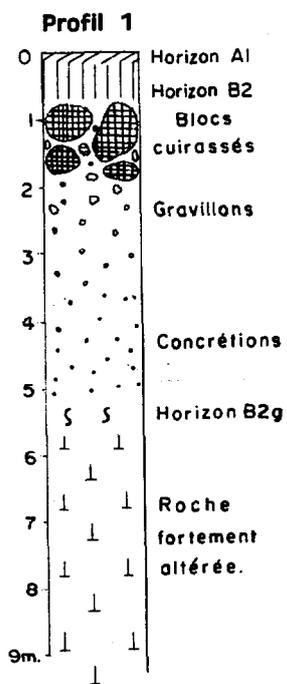


FIG. 16

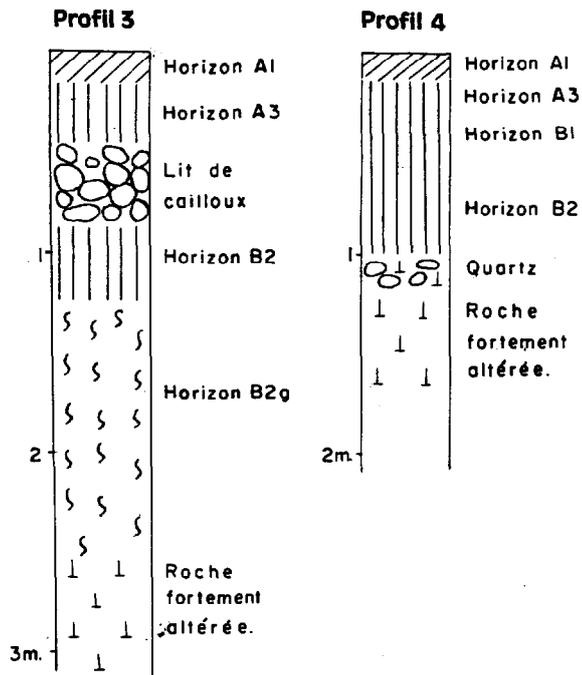
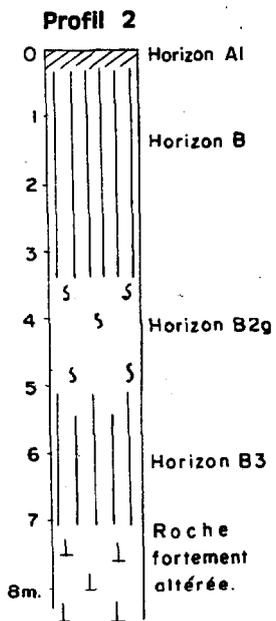


FIG. 17

0 - 18 cm	Horizon A ₁ , brun gris, argilo-sableux, assez bien structuré.
18 - 40 cm	Horizon de transition, légèrement lessivé.
40 - 330 cm	Horizon B, ocre, argileux, peu structuré, friable.
330 - 450 cm	Horizon rouge, argileux, à taches jaunes plus ou moins bien délimitées : horizon B _{2g} de pseudo-gley peu typique.
450 - 620 cm	Rouge, argilo-sableux.
620 - 750 cm	Apparition des premiers passages de roche fortement altérée.

Un tel profil est remarquable par son épaisseur (A + B) et l'absence complète d'éléments indurés ou remaniés (lit de cailloux) ce qui suppose une longue mais simple évolution.

L'étude des minéraux lourds confirme d'ailleurs la parfaite homogénéité du profil. L'appauvrissement marqué en surface est essentiellement lié à la présence d'une végétation de savane, sans qu'on puisse établir une corrélation entre l'importance de cet appauvrissement et la durée de la présence de cette savane. Cependant, les caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont pratiquement les mêmes que celles des précédents : couleur rouge à ocre, texture argileuse, faible capacité d'échange, faibles réserves minérales. Ils auraient donc un âge voisin ou séparé par un intervalle de temps sans commune mesure avec celui qui s'est écoulé depuis. Seule la présence d'un horizon de pseudo-gley plus ou moins marqué selon la position dans la pente a une importance et doit s'expliquer par l'histoire géomorphologique régionale.

5.1.3 - GROUPE REMANIÉ. SOUS-GROUPE HYDROMORPHE (Sous-classe fortement ou moyennement désaturée)

Le profil type est le suivant (voir Figure 17, profil 3).

0 - 15 cm	Horizon A ₁ , brun-gris, sablo-argileux, moyennement structuré.
15 - 25 cm	Horizon de transition, légèrement lessivé, sablo-argileux à argilo-sableux, moyennement structuré.
25 - 45 cm	Horizon A ₃ , ocre-jaune, argilo-sableux, peu structuré, à traînées de matière organique.
45 - 85 cm	Lit de cailloux de quartz et d'éléments durs rouges paraissant formés d'une trame de quartz remplie de produits ferrugineux.
85 - 120 cm	Horizon B ₂ , ocre-jaune, argileux, peu structuré.
120 - 250 cm	Horizon B _{2g} , tacheté typique, jaune et rouge, argileux, massif.
250 cm	Apparition de passage de roche altérée meuble dans l'horizon tacheté.

L'aspect le plus remarquable de ce profil est la présence d'un lit de cailloux qui sépare deux horizons assez nettement différents par leur texture et leur aspect : le remaniement est particulièrement net. Les autres caractéristiques physico-chimiques (forte désaturation, appauvrissement de l'horizon supérieur) et morphologiques (présence d'un horizon de pseudo-gley typique) n'ont pas une signification géomorphologique particulière.

5.1.4 - GROUPE PÉNÉVOLUÉ (Sous-classe moyennement désaturée)

Les sols de ce type se rapprochent du type suivant (voir Figure 17, profil 4).

0 - 12 cm	Horizon A ₁ , gris foncé, sablo-argileux, assez bien structuré.
12 - 25 cm	Horizon de transition brun-rouge, argilo-sableux, moyennement structuré.
25 - 50 cm	Horizon B, ocre-rouge, argilo-sableux, moyennement à peu structuré.
50 - 100 cm	Horizon ocre, argilo-sableux et graveleux, très peu structuré, rares micas blancs et noirs non altérés.
100 cm	Niveau de quartz grossier précédant l'horizon de roche altérée avec taches blanches de feldspaths altérés, micas blancs et noirs bien visibles.

Les profils de ce type sont remarquables par leur faible épaisseur (horizon A + B compris

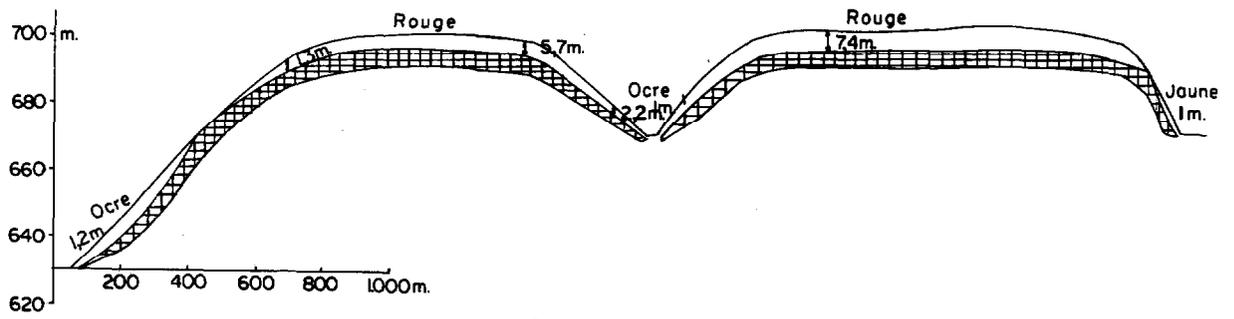


FIG. 18 Plateaux cuirassés

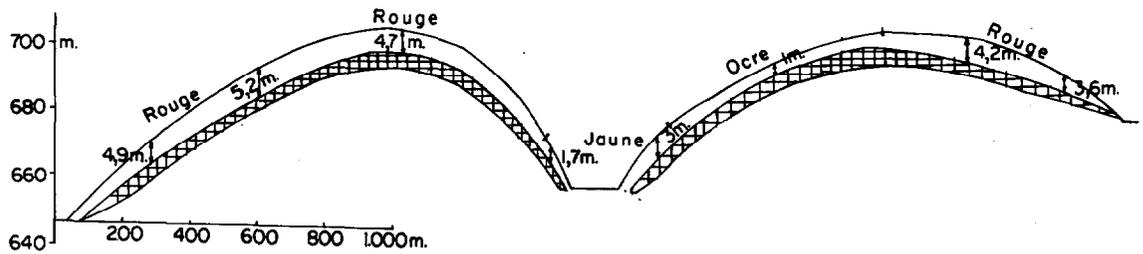


FIG. 19 Collines cuirassées

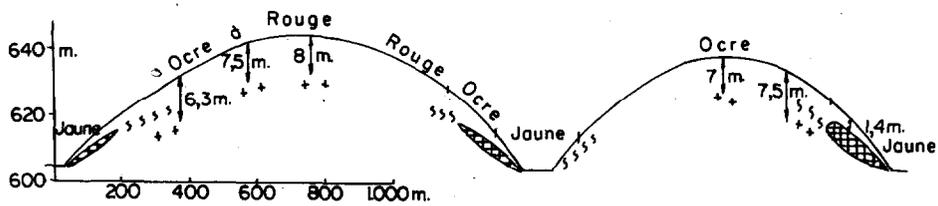


FIG. 20 Collines indurées en bas de pente

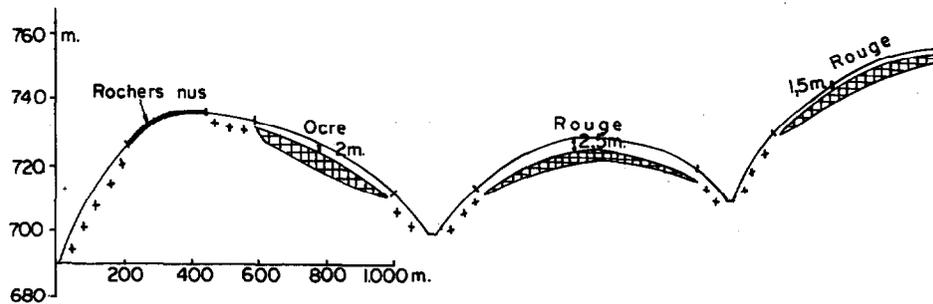


FIG. 21 Collines complexes



Horizon induré en place ou remanié.



Horizon hydromorphe.



Horizon d'altération. Sols pénévlués.

entre 80 et 150 cm) et la présence de minéraux en voie d'altération dès le début de l'horizon C. Au point de vue physico-chimique, il faut noter l'existence de réserves minérales et la capacité d'échange plus élevée que dans les sols précédents : l'illite est souvent associée à la kaolinite dans la fraction argileuse.

Ces sols aux caractères de jeunesse particulièrement accusés ont une importante signification géomorphologique, soit qu'on les observe à l'échelon régional, où ils peuvent s'étendre sur tout un paysage, soit à l'échelon local, où ils peuvent occuper certaines positions morphologiques d'un interfluve.

5.1.5 - SOLS FORTEMENT DÉSATURÉS DE PENTE ET BAS DE PENTE

Un dernier type de profil n'est représenté que sur les bas de pente des collines, où sa présence est pratiquement constante dans toute la région, quelle que soit d'ailleurs l'intensité de la pente. Le profil se présente ainsi :

0 - 15 cm	Horizon A ₁ , gris foncé, sablo-argileux, moyennement structuré.
15 - 30 cm	Horizon ocre-jaune légèrement lessivé, argileux, moyennement structuré.
30 - 60 cm	Horizon ocre-jaune, argileux, moyennement structuré.
60 - 170 cm	Horizon jaune à rares taches rouges, argileux, peu structuré.
170 cm	Carapace rouge à taches jaunes bien délimitées, quelques concrétions rouges, rondes et dures de moins d'un cm.

Selon l'intensité de la pente et le type d'interfluve sur lequel ces sols ont été observés, l'horizon de carapace décrit ici peut être remplacé par un horizon franchement cuirassé, ou de blocs cuirassés de taille variable, ou simplement par un horizon de pseudo-gley (horizon tacheté). Seules sont caractéristiques la couleur jaune et la forte désaturation.

La présence en bas de pente, quelle que soit d'ailleurs l'intensité de celle-ci, de ces sols fortement désaturés, désaturation qui est en liaison avec les conditions climatiques actuelles, implique une importante percolation d'eau (soit par infiltration directe, soit par infiltration après ruissellement, soit par percolation oblique à travers le sol) et explique la facilité avec laquelle l'hydromorphie s'installe dans ce secteur des interfluves.

5.2 - Répartition locale

Les différents types de profils étudiés au paragraphe précédent ne se distribuent pas d'une façon quelconque sur les interfluves : pour mettre en évidence ce fait, une étude détaillée de plusieurs coupes d'interfluves de formes diverses et situées dans des paysages différents est nécessaire.

5.2.1 - PAYSAGE DE PLATEAUX INDURÉS (Figures 14 et 18)

La coupe étudiée n'est formée que de sols ferrallitiques du sous-groupe induré, malgré une appartenance à des groupes ou même des sous-classes différentes : l'horizon induré, toujours assez difficile à observer lui-même, se retrouve pratiquement en toutes positions morphologiques et topographiques (plateaux et pentes) mais à des profondeurs variables. Sur les plateaux, la limite de l'horizon induré est toujours brutale et il peut être très profond (maximum observé : 7,4 m). Aux fortes ruptures de pente, l'horizon induré affleure sous forme de blocs cuirassés en surface du sol. En bas de pente, l'horizon induré peut être surmonté d'un horizon faiblement tacheté de formation plus récente.

La coupe étudiée nous montre trois types de séquence de sols entre plateaux et vallée selon la pente.

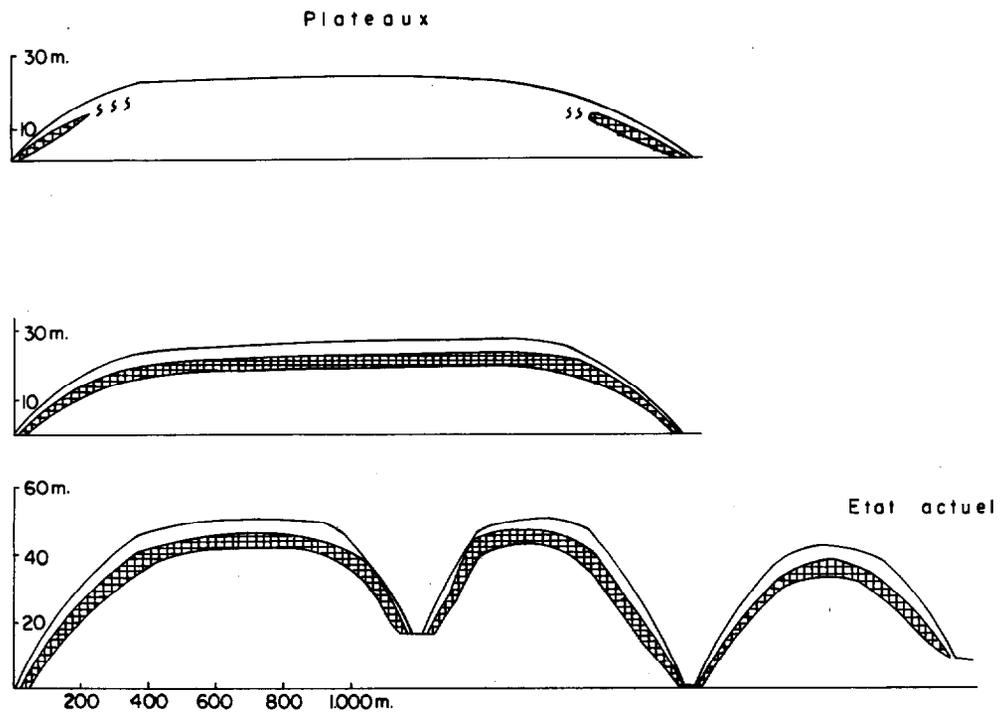


FIG. 22 Schéma de formation des plateaux

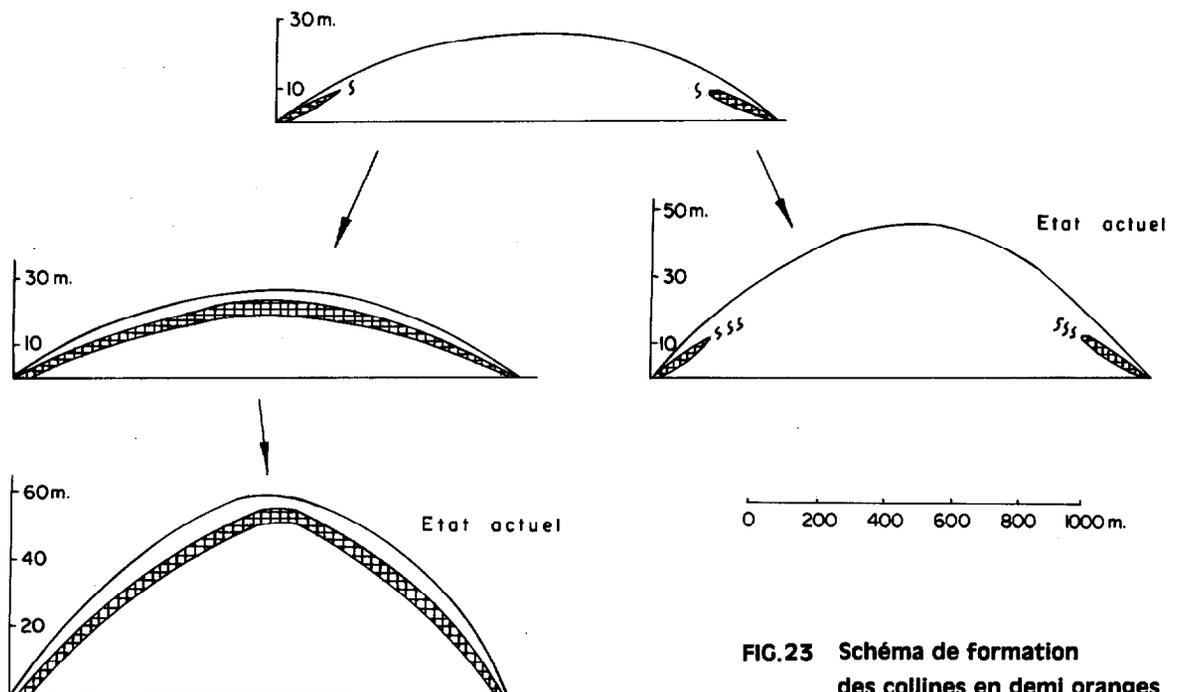


FIG. 23 Schéma de formation des collines en demi oranges

Forte pente

- sol ferrallitique induré rouge sur le plateau ;
- affleurement de blocs cuirassés et de gravillons après la rupture de pente ;
- sol fortement désaturé, groupe remanié et sous-groupe jaune, sur la forte pente.

Pente moyenne

- passage graduel de couleur de rouge sur le plateau à ocre à proximité du marigot ;
- la profondeur de l'horizon induré diminue avec la pente sans affleurement de celui-ci ;
- apparition d'une zone tachetée au-dessus de l'horizon induré dans les cinquante derniers mètres avant le bas-fond.

Pente moyenne et longue

- sol rouge profond sur le plateau ;
- large affleurement de l'horizon induré après la rupture de pente ;
- sol rouge à ocre dans la pente avant d'atteindre la vallée : remaniement et colluvionnement possibles.

On notera en particulier la continuité de l'horizon induré depuis le bas-fond jusqu'au plateau sur pente moyenne. Au contraire, sur forte pente, l'horizon induré affleure nettement à la rupture de pente du plateau, mais se continue, sans doute remanié, sur toute la pente.

La présence actuelle d'un horizon tacheté en bas de pente au-dessus de l'horizon induré suggère la possibilité d'un "engraissement" de celui-ci par épisodes successifs d'hydromorphie et d'induration en liaison avec les variations morphoclimatiques locales ou générales.

5.2.2 - PAYSAGE DE COLLINES INDURÉES (Figures 13 et 19)

Dans une région voisine de la précédente, le sol est identique (sol ferrallitique du sous-groupe induré), mais la morphologie est totalement différente : aux plateaux de l'exemple précédent s'oppose ici la morphologie en collines en demi-orange, à profil convexe typique et présentant des dénivellations de 40 à 60 m : les pentes pour atteindre les bas-fonds marécageux sont particulièrement fortes et la topographie est accidentée dans l'ensemble.

La coupe étudiée nous montre deux caractéristiques importantes relatives à l'horizon induré :

- présence constante de l'horizon induré, qui semble recouvrir d'une chape toutes les collines ;
- faible importance des affleurements de cet horizon.

Le mode de raccordement des collines aux bas-fonds peut présenter des aspects variés :

- sol rouge à horizon induré se prolongeant jusqu'à quelques mètres du bas-fond ;
- passage progressif à un sol ocre et diminution de la profondeur de l'horizon induré ;
- affleurement de cuirasses et gravillons jusqu'à quelques mètres du bas-fond ;
- affleurement de cuirasses et gravillons, auquel fait suite un sol fortement désaturé, groupe remanié et sous-groupe jaune.

Malgré la morphologie totalement différente de la précédente, on peut faire les mêmes remarques que dans le paragraphe 5.2.1 en particulier sur la continuité de l'horizon induré à partir des bas-fonds : l'induration, qu'elle s'observe actuellement en morphologie de plateau ou de collines en demi-orange, semble se produire selon un processus identique.

5.2.3 - PAYSAGE DE COLLINES NON INDURÉES (Figure 20)

La coupe étudiée sur ce type de paysage comprend des profils beaucoup plus différenciés : l'horizon induré, absolument constant dans les deux exemples précédents, n'existe plus ici qu'en bas de pente, et encore plus souvent sous forme d'une carapace que d'une cuirasse véritable, mais de toute façon parfaitement en place.

Un peu plus haut sur la pente, le sol ferrallitique fortement désaturé, ocre à jaune, sous-groupe induré du bas de pente, fait place à un sol dont le seul horizon caractéristique est un horizon de pseudo-gley peu développé et profond (Figure 16, profil 2). L'horizon hydromorphe, et induré par la suite, très marqué en bas de pente, diminue nettement d'intensité sur la pente pour disparaître totalement en haut de collines : les conditions nécessaires à sa formation, engorgement temporaire pendant une période de l'année, ne sont plus réalisées par suite d'une pente trop forte et d'une moindre percolation d'eau.

Ce type de paysage serait un bon exemple d'un arrêt d'une pédogénèse d'induration par suite d'un changement de conditions morphoclimatiques : abaissement du niveau de base conduisant à la formation de trop fortes pentes sur les collines, atténuation du caractère tropical de la pluviométrie, qui, peut-être égale mais moins concentrée sur une période de l'année, ne produit plus d'engorgement temporaire en profondeur.

5.2.4 - PAYSAGE DE COLLINES COMPLEXES (Figure 21)

Ce paysage est étudié dans la région accidentée située à l'est de Nanga-Eboko. Il faut y noter, au point de vue morphologie, l'étroitesse des interfluves et l'augmentation de la densité du réseau de drainage, les fortes pentes des collines qui ont une allure en demi-orange plus ou moins typique et les différences d'altitude notables entre les sommets des collines.

La répartition des sols est particulièrement complexe. Sur un des sommets de collines, on observe un affleurement de gneiss à grenats, auquel sont associés des sols peu épais (5 à 10 cm sur la roche dure) qu'on peut assimiler à des rankers. Sur la pente leur font suite des sols ferrallitiques pénévulés (profil 4, figure 17) dont l'épaisseur des horizons A+B varie de 70 à 120 cm : le passage entre les rankers (à roche dure à 10-15 cm) et les sols ferrallitiques pénévulés à roche dure non atteinte (plus de 2 m) est toujours très rapide.

Aux sols pénévulés succèdent des sols ferrallitiques remaniés à horizon d'altération typique de sols très évolués. Le remaniement est attesté par la présence d'un horizon graveleux de caractéristiques très variables : profondeur de 1 à 3 m, épaisseur de 30 cm à 2,5 m, éléments grossiers, soit indurés sous forme de gravillons (1 à 3 cm de diamètre) ou de gros blocs cuirassés, soit plus rarement de quartz de 5 à 15 cm de diamètre.

En bas de pente de toutes les collines, on note des sols pénévulés un peu plus épais que ceux du haut des collines (horizons A+B de 1 à 2 m), de couleur ocre à jaune et, selon la position dans la pente, moyennement ou fortement désaturés.

Le soulèvement de tout ce secteur aurait amené une forte érosion en sommet de colline avec mise à nu de la roche, le remaniement de tous les niveaux indurés qui ne sont plus en place, le creusement des vallées et la formation de sols ferrallitiques pénévulés en bas de pente.

5.3 - Répartition régionale

La répartition régionale des sols est donnée par la figure 9. La carte comparée à celle de la figure 8 appelle un certain nombre de commentaires.

Le niveau le plus élevé (740-840 m) du nord-est de la région est occupé par des sols ferrallitiques pénévulés : il faut voir là un niveau intermédiaire, en constant rajeunissement, qui fait transition avec les sols ferrallitiques indurés de la surface post-gondwanienne, à 50 km au nord est de la région et à l'altitude 900-1 000 m.

À une altitude plus basse (700-740 m), on peut observer un premier niveau, où l'induration est complètement généralisée : cette surface occupe tout l'est de la région et s'étend, plus ou moins continue, jusqu'à Nanga-Eboko. Les interfluves y sont à égalité des collines en demi-orange et des plateaux, sans qu'on puisse donner une explication précise à la présence de l'un ou l'autre type. Il semble cependant que les roches les plus basiques (granodiorite, granite à amphibole), donnent

plus facilement une morphologie de plateaux. Le cuirassement paraît bien en place, souvent très profond et épais ; les remaniements paraissent limités, par exemple sur les fortes pentes ; on observe au contraire très souvent des dislocations du niveau induré, si celui-ci a jamais été continu un jour, par suite des déformations des collines et plateaux par soutirage chimique.

Le passage de cet ensemble de plateaux et collines à niveau induré profond à des surfaces plus basses se fait de façon différente selon les régions. Au sud-est (région de Bertoua : bassin du Congo) l'altitude s'abaisse à 650-690 m et on observe une destruction partielle du niveau induré souvent mis à nu, avec possibilité de remaniements, de colluvionnement avec induration en bas de pente, de nouvel épisode d'hydromorphie sur les collines et de formation de carapace par place.

Dans la vallée du Yong, des plateaux cuirassés, souvent érodés en ravins et situés à 700-710 m d'altitude, dominent des collines en demi-orange plus basses (660-680 m), à niveau grossier de matériau induré en profondeur : l'absence de longue coupe artificielle ne permet pas de trancher s'il s'agit d'un remaniement de la surface supérieure ou d'un nouvel épisode d'induration en place, l'hypothèse du remaniement étant plus vraisemblable.

Dans la partie centrale de la région étudiée, le passage du niveau cuirassé 700-740 m à la surface inférieure se fait par une zone complexe, où alternent des plateaux cuirassés, des collines à cuirasses plus ou moins démantelées, des collines de forme complexe à dominance de sols remaniés à lits de cailloux de quartz et d'éléments indurés : la présence d'alignements et de "monts" quartzitiques complique encore le paysage. Cette zone de transition complexe représente la zone d'attaque de la surface cuirassée supérieure, zone d'attaque actuellement figée ou en très lente évolution.

Plus à l'ouest, au niveau de Nanga-Eboko, le niveau cuirassé supérieur est représenté par plusieurs petits plateaux cuirassés à l'altitude de 700 m, et qui dominent la surface inférieure de 30 à 60 m : ces plateaux sont souvent associés à des affleurements de roche basique (amphibolite), ce qui peut expliquer leur conservation, si l'on sait qu'on observe généralement une plus grande intensité et épaisseur d'induration sur ce type de roche.

Les derniers témoins du niveau cuirassé supérieur s'observent à 30 km au sud-ouest de Nanga-Eboko sous forme de collines en relief (altitude relative de 30 m et absolue de 632 m), entièrement formées de gros blocs cuirassés démantelés. Ce seraient là, vers l'aval, les derniers témoins du niveau cuirassé 700-740 m, qui occupe tout l'est de la région.

La deuxième surface d'aplanissement, qui occupe tout l'ouest et le nord-ouest de la région, est comprise entre les altitudes 620 et 670 m : les sols n'y sont pas uniformes. En effet toutes les zones à proximité de la Sanaga et de la Ndjeké sont assez nettement indurées avec cuirassement en place de tout l'interfluve, tandis qu'en s'éloignant des grands axes de drainage, l'induration n'affecte plus que les bas de pente : il y aurait donc eu arrêt du processus d'induration, dont la présence généralisée n'est observable que sur une partie de la surface.

En dehors de ces deux surfaces d'aplanissement nettement caractérisées, certains paysages ou certaines anomalies ne peuvent s'expliquer que par des mouvements tectoniques. Ce serait le cas de tout le secteur surélevé à l'est de Nanga-Eboko, où a été étudié le paysage complexe de la Figure 21. La présence de sols ferrallitiques pénévulés en sommet de collines et en bas de pentes est en faveur d'un changement de niveau de base local, tandis que la différence d'altitude entre les plateaux cuirassés du secteur (740 m) et ceux immédiatement à l'ouest et à l'est (700 m) mesurerait l'ampleur du mouvement. De même, dans la partie nord-ouest de la région étudiée, un tel mouvement expliquerait en même temps la différence d'altitude entre deux zones de plateaux cuirassés à proximité de la Ndjeké (650-660 m et 620-630 m) et l'envoyement généralisé par des marécages du secteur affaissé.

La répartition régionale des sols ferrallitiques s'explique particulièrement bien par la géomorphologie, que ce soit par l'existence de deux surfaces d'aplanissement bien caractérisées ou par la possibilité de mouvements tectoniques.

5.4 - Mise en place du niveau induré

Des observations qui précèdent, éparées dans divers paragraphes, on peut tirer quelques conclusions sur la mise en place du niveau induré, vues uniquement sous l'angle géomorphologique et valables seulement pour la région étudiée.

Il faut d'abord préciser que tous les niveaux indurés ne sont pas actuels, et qu'aussi bien la morphologie des interfluves que le climat, et peut-être l'hydrographie, ne sont pas celles qui ont présidé à leur formation : il est cependant possible, en se basant sur les faits observés de reconstituer la succession des phénomènes.

L'observation des paysages entièrement ou partiellement indurés, la présence actuelle en bas de pente de sols fortement désaturés et facilement hydromorphes, sont en faveur de l'hypothèse selon laquelle l'hydromorphie, et l'induration qui lui succède, se font au niveau de chaque interfluve et en commençant par le bas de pente. Dès que le phénomène s'est amorcé, la présence d'un horizon peu perméable induit peu à peu la remontée le long de la pente de l'horizon hydromorphe qui envahit ainsi tout l'interfluve : la pente de cet horizon, normalement plus faible que celle de la surface du sol, explique la profondeur à laquelle on peut le trouver au milieu de l'interfluve. L'induration se fait ensuite, sans doute par apport oblique en bas de pente, mais essentiellement "par redistribution presque sur place, faisant suite à la transformation d'un horizon préconditionné par la ferrallitisation" sur tout le reste de l'interfluve, selon le processus proposé par MAIGNIEN (1966), pour ce que AUBERT (1963) appelle les cuirasses d'accumulation relative.

On peut supposer que le phénomène s'est produit sur des interfluves relativement larges (1,5 à 2 km) et surbaissés (20 à 30 m de dénivellation) et sous un climat à fort contraste de pluviosité. Cependant, il n'est pas possible de savoir si les deux stades d'hydromorphie et d'induration sont concomitants ou sont nettement séparés par une modification des conditions morphoclimatiques (climat, drainage).

L'enfoncement du réseau hydrographique par abaissement du niveau de base général (mouvements tectoniques, épirogéniques, gondolements qui expliquent le passage d'une surface d'aplanissement à une autre) ou local (par longue altération ferrallitique et érosion chimique) aboutit à la morphologie actuelle de plateaux élevés. Le soutirage chimique à l'intérieur des plateaux, les mouvements de masse, l'enfoncement différentiel des matériaux indurés expliquent la dislocation, après leur formation, des niveaux indurés et leur apparence hétérogène. De même, l'augmentation de la densité du réseau hydrographique par recul des têtes de source peut expliquer les pentes abruptes de certains plateaux et l'affleurement de la cuirasse. Il est cependant difficile d'envisager une forte augmentation de la densité du réseau hydrographique et le découpage d'une grande surface cuirassée continue, car le climat ancien et les quantités d'eau à évacuer ne sont pas fondamentalement différentes actuellement.

La Figure 22 montre un schéma possible de la formation de plateaux cuirassés.

Pour les collines en demi-orange à niveau induré continu, deux explications sont possibles :

- la colline en demi-orange est le stade ultime d'évolution d'une partie de plateau ou d'un plateau étroit après une longue période d'altération ferrallitique sous climat équatorial, qui, malgré la présence de la cuirasse, a façonné le type d'interfluve normal de ce climat :

- l'induration s'est faite sur un interfluve étroit, qui avait déjà la forme en demi-orange surbaissée, en commençant par le bas de pente puis en envahissant toute la colline ; une modification des conditions morphoclimatiques (abaissement du niveau de base, changement de climat) explique que le phénomène se soit arrêté dans certains secteurs de la surface d'aplanissement la plus récente.

La Figure 23 schématise la formation des collines en demi-orange actuelles, qu'elles soient ou non entièrement indurées.

5.5 - Comparaison avec d'autres paysages ferrallitiques

Il est intéressant de comparer, dans les grandes lignes, ce qui est observé dans ce secteur du centre Cameroun avec ce que d'autres auteurs ont décrit dans diverses régions d'Afrique.

BACHELIER (1959) a étudié en détail la région de Yaoundé. L'induration y tient une place importante sous forme de plateau à épais niveau cuirassé en place. Cependant, la présence de sols pénévulés en diverses positions morphologiques, et l'importance du colluvionnement, font penser que la région est à un stade géomorphologique particulier de destruction d'une vieille surface cuirassée et de début d'une pédogénèse ferrallitique plus jeune, avec tout ce que cela implique d'érosion, de colluvionnement et de remaniement, ce qui explique la complexité et l'hétérogénéité apparente des sols. Quant aux sols ferrallitiques, ils s'apparentent fortement à ceux qui viennent d'être étudiés par l'ensemble de leurs caractéristiques physico-chimiques : texture argileuse, faible capacité d'échange, dominance de kaolinite et hydroxydes de fer dans la fraction argileuse, faible réserve minérale.

Toujours au Cameroun, mais immédiatement à l'est de la région étudiée (MARTIN 1955, BACHELIER *et al.* 1957), et même dès le secteur de Bertoua, le paysage change, bien que les horizons supérieurs des sols y présentent sensiblement les mêmes caractéristiques : les niveaux cuirassés souvent très épais sont mis à nu et attaqués par l'érosion, les horizons meubles sont colluvionnés en bas de pente, où ils peuvent même s'indurer (collines à profil concave). Ce même type de paysage doit se prolonger en République Centrafricaine à la même latitude : dans l'est du pays, QUANTIN (1963) a observé également une induration généralisée avec mise à nu des niveaux indurés par érosion des horizons meubles superficiels, mais aussi des phénomènes de redistribution du fer au niveau des interfluves amorçant par place une série de gradins étagés. Cependant, la morphologie reste souvent de type plateau ou colline en demi-orange comme dans le Centre Cameroun, mais, malgré une latitude identique, le continentalisme a accentué le caractère tropical du climat pendant les épisodes climatiques secs, et le lessivage oblique du fer commence à prendre de l'importance, sans atteindre l'ampleur observée en Guinée ou dans l'Adamaoua.

En Guinée (MAGNIEN, 1958) et dans les pays voisins (TRICART et MICHEL, 1965), le cuirassement prend une très grande importance dans le paysage, mais le modelé est totalement différent de celui du Centre Cameroun. Les vieilles cuirasses tertiaires ou crétacées dominent le paysage tandis que s'étalent à leurs pieds une série de glacis cuirassés d'âge plus récent (fin tertiaire et quaternaire) : le lessivage oblique du fer à partir des plateaux cuirassés vers les axes de drainage est le processus normal qui conduit à l'induration des glacis.

Il semble qu'on retrouve un modelé assez voisin dans certaines régions de Nigéria et en Ouganda (DE SWARDT 1964, TRENDALL 1962) ainsi que dans l'Adamaoua, où il est compliqué par les apports volcaniques (LAPLANTE et BACHELIER, 1954). Tous ces pays, sauf l'Ouganda, sont caractérisés actuellement par un climat de type guinéen ou soudanien à répartition pluviométrique tropicale. De plus, d'après MICHEL (1962) une période sèche ancienne a permis une très forte érosion et la formation de glacis. On aurait là un type d'évolution morphogénétique totalement différent de celui du Centre Cameroun, et même de la R.C.A., où un climat à tendance équatoriale aurait favorisé l'érosion chimique au détriment de l'érosion mécanique : dans l'est de la R.C.A., cependant, l'érosion mécanique aurait enlevé les horizons meubles sans attaquer les niveaux cuirassés eux-mêmes.

À ces paysages ferrallitiques fortement indurés, qui ont évolué sous climat soit à dominance tropicale (plateaux élevés, glacis), soit à dominance équatoriale (plateaux, collines en demi-orange) et occupent le plus souvent des vieilles surfaces d'aplanissement, s'opposent les paysages ferrallitiques de surfaces plus récentes de Côte d'Ivoire et du Ghana. Les sols ferrallitiques qu'on y observe montrent aussi bien un aspect morphologique qu'une répartition locale différents de ceux du Centre-Cameroun.

En dehors des vieux niveaux cuirassés, qui existent mais n'occupent qu'une faible superficie, les sols ferrallitiques de ces surfaces récentes ont certaines caractéristiques particulières : faible épaisseur relative des horizons A + B, abondance des éléments résiduels (quartz, éléments indurés) importance de l'horizon tacheté, possibilité de formation de carapace et cuirasse subac-

tuelle. La variété des roches-mères, plus grande qu'au Cameroun où il s'agit le plus souvent de roches mésocrates, introduit des types de paysages assez différenciés : ROUGERIE (1960) parle de modelé granitique, schisteux, de roche mélanocrate. Les coupes de collines données par BRAMMER (1962) présentent une complexité de détail qu'on ne retrouve pas au Centre Cameroun. Cependant, la présence d'un horizon de pseudo-gley qui recouvre toute la colline est en faveur de notre hypothèse de l'hydromorphie et de l'induration généralisée d'un interfluve, contrairement au processus proposé par TRENDALL (1962) pour l'Ouganda.

Centre Cameroun, sud Côte d'Ivoire et Ghana, actuellement tous trois sous climats assez voisins, de type équatorial, nous montrent des sols ferrallitiques de caractéristiques morphologiques assez dissemblables : c'est que ces trois régions sont à des stades évolutifs différents (MOHR et VAN BAREN 1954, DUCHAUFOUR 1965). Le Centre Cameroun présente, sur une surface d'aplanissement ancienne, des sols ferrallitiques séniles, fortement indurés, mais non encore débarrassés de leur manteau meuble superficiel parce que, depuis l'épisode tropical de l'induration, le climat a oscillé autour d'un climat moyen plus équatorial que tropical et que l'érosion chimique a toujours été plus importante que l'érosion mécanique. Au contraire, les sols ferrallitiques d'Afrique de l'ouest forestière n'ont pas dépassé le stade mature de formation d'un important horizon tacheté, dont il n'est pas impossible qu'il se soit formé sous un climat à tendance plus tropicale que l'actuelle.

6 - CONCLUSIONS

1 - La région étudiée présente deux surfaces d'aplanissement assez bien caractérisées, séparées par une cinquantaine de mètres d'altitude ; un troisième niveau plus élevé n'occupe qu'une superficie réduite au nord-est.

2 - Une ferrallitisation intense est le processus dominant d'altération de roches "granito-gneissiques" mésocrates : les sols ferrallitiques pénévoués occupent toujours des positions géomorphologiques particulières.

3 - L'induration généralisée, qui est le processus pédogénétique fondamental sur toute l'étendue de la première surface, n'a pas envahi complètement la deuxième surface.

4 - L'induration semble commencer régionalement à partir des grands axes de drainage et localement à partir des bas de pente.

5 - Aucun mouvement généralisé de fer d'une surface supérieure à une surface inférieure ne peut être décelé : ces mouvements se font toujours au niveau de l'interfluve, dont la forme suggère une action morphogénétique simple et de longue durée.

6 - Les deux épisodes d'aplanissement, de ferrallitisation et d'induration, sont à reculer très loin dans le temps : aucune différence fondamentale entre les caractéristiques des sols des deux surfaces ne peut être décelée, alors qu'il n'en est pas de même pour les sols ferrallitiques pénévoués.

7 - Des mouvements tectoniques, postérieurs aux deux épisodes d'aplanissement et d'induration, peuvent expliquer certaines anomalies d'altitude de niveau cuirassé et de répartition des sols.

8 - Le climat ne semble pas avoir subi d'importantes modifications de longue durée depuis la mise en place des deux surfaces d'aplanissement :

- pas d'aggravation dans le sens tropical : malgré des différences d'altitude notables, les zones de contact entre les surfaces ne présentent pas d'érosion intense et paraissent figées, ce qui implique l'absence de climat très agressif ;

- pas d'augmentation de la pluviométrie par rapport à l'actuelle : les sols ont dans l'ensemble conservé leur couleur rouge, ce qui implique que la pluviométrie n'a pas pu dépasser 1 700-1 800 mm pendant une longue période, car, sous cette pluviométrie actuelle, les sols formés sur des roches identiques et sur des surfaces aussi bien anciennes que récentes sont nettement à dominance jaune ;

- l'absence de phénomènes importants de colluvionnement et le maintien de profils convexes impliquent aussi une végétation à dominance forestière, un climat peu agressif, un soutirage chimique plus important que l'érosion superficielle.

9 - Les paysages ferrallitiques indurés de la région étudiée se rapprochent assez de ceux de la République Centrafricaine, situés aux mêmes latitudes, mais s'éloignent fortement de ceux de l'Afrique de l'ouest (Guinée, Mali), de Nigéria et d'Ouganda : les processus morphogénétiques en cause sont entièrement différents.

10 - Le Centre Cameroun et l'Afrique de l'ouest forestière présentent des sols ferrallitiques à des stades évolutifs totalement différents.

7 - BIBLIOGRAPHIE

Annales des Services météorologiques de la France d'Outre-Mer - 1960, Paris, 433 p.

AUBERT (G.) - 1963 - Soil with ferruginous or ferrallitic crusts of tropical regions. *Soil Sci.*, 95, 4, p.235-242.

AUBERT (G.), SEGALIN (P.) - 1966 - Projet de classification des sols ferrallitiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, IV, 4, p.

BACHELIER (G.) - 1959 - Etude pédologique des sols de Yaoundé. *Agron. trop.*, XIV, 3, p.279-305.

BACHELIER (G.), CURIS (M.), MARTIN (D.) - 1957 - Les sols de savane du Sud Cameroun. *Bull. I.E.C.*, n°13-14, p.7-27.

BRAMMER (H.) - 1962 - *Soils*, in "Agriculture and land use in Ghana". Ed. by J. Brian Wills, Oxford Univ. Press, London, Accra, New-York, p.88-126.

DE SWARDT (A.M.J.) - 1964 - Latéritisation and landscape developments in parts of Equatorial Africa. *Z. Geomorph.*, Bd 8, 3, p.313-333.

D'HOORE (J.) - 1954 - L'accumulation des sesquioxydes libres dans les sols tropicaux. *Public. I.N.E.A.C.*, sér. sc. n° 62, Bruxelles, 131 p.

DUCHAUFOUR (P.) - 1965 - *Précis de pédologie*. 2ème éd., Masson, Paris, 481 p.

GAZEL (J.), GERARD (G.) - 1954 - Notice explicative sur la feuille Batouri-Est. Dir. Mines Terr. Cameroun, Yaoundé, 43 p.

GAZEL (J.) - 1955 - Notice explicative sur la feuille Batouri-Ouest. Dir. Mines Terr. Cameroun, Yaoundé, 44 p.

LAPLANTE (A.), BACHELIER (G.) - 1954 - Un processus pédologique de formation de cuirasse ferrallitique dans l'Adamaoua. *Rev. Géomorph. dyn.*, p.214-219.

LEFEVRE (R.) - 1965 - Etude hydrologique de la moyenne Sanaga (Bassins représentatifs de l'Avea). Centre O.R.S.T.O.M. de Yaoundé, 136 p., multigr., 8 pl., 22 tabl.

LENEUF (N.) - 1964 - Les éléments hérités dans la pédogénèse des régions tropicales. *Congr. int. Sci. Sol*, 8, 1964, Bucarest, Abstr., vol.VII, p.68.

LETOUZEY (R.) - 1958 - Phytogéographie camerounaise. in "Atlas du Cameroun". I.R.CAM., Yaoundé, 5 p., carte 1/2 000 000.

- LETOUZEY (R.) - 1966 - Etude phytogéographique du Cameroun. *Adansonia*, VI, 2.
- MAIGNIEN (R.) - 1958 - Le cuirassement des sols en Guinée. *Mém. Serv. Carte géol. Als-Lorr.*, n°16, Strasbourg, 240 p.
- MAIGNIEN (R.) - 1960 - Influences anciennes sur la morphologie, l'évolution et la répartition des sols en Afrique tropicale de l'Ouest. *Congr. int. Sc. Sol*, 7, 1960, Madison, vol.IV, p.171-176.
- MAIGNIEN (R.) - 1966 - Induration des horizons des sols ferrallitiques. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, IV, 4, p.29-31.
- MARTIN (D.) - 1956 - Les sols de la Ferme de multiplication de Batouri. *I.R.CAM.*, Yaoundé, 14 p., multigr.
- MARTIN (D.) - 1966 - Etude pédologique dans le Centre-Cameroun (Nanga-Eboko à Bertoua). *Ann. O.R.S.T.O.M.*, n°19, Paris, 92-XLVI p.
- MAYMARD (J.M.), LA SOUCHERE (P. de) - 1963 - Etude pédologique du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *O.R.S.T.O.M.-I.D.E.R.T.*, Abidjan, 31 p., multigr.
- PERRAUD (A.), LA SOUCHERE (P. de) - 1963 - Etude pédologique des régions de Tabou et Bereby. *O.R.S.T.O.M.-I.D.E.R.T.*, Abidjan, 178 p., multigr.
- QUANTIN (P.) - 1963 - Sols rouges et jaunes inter-tropicaux du Sud-Est de la République Centrafricaine (Préfecture d'Obo). *O.R.S.T.O.M. Centre de Bangui, Bangui*, 96 p., multigr.
- ROUGERIE (G.) - 1960 - Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière. *Mém. I.F.A.N.*, n° 58, Dakar, 542 p.
- SEGALEN (P.) - 1967 - Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, V, 2, pp.137-187.
- TRENDALL (A.F.) - 1962 - The formation of "apparent peneplains" by a process of combined lateritisation and surface wash. *Z. Geomorph.*, Bd 6, 2, p.183-197.
- TRICART (J.), MICHEL (P.) - 1965 - Morphogénèse et pédogénèse. 2. Application à l'Ouest Africain. *Sci. Sol*, 2, p.149-171.
- VALLERIE (M.) - 1961 - Les sols de la région nord et nord-est de Yaoundé. *I.R.CAM.*, Yaoundé, 40 p., multigr.